4. 5. 58.

Digitized by Google

Digitized by Google

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES

Digitized by Google

OUVRAGES DU MÊME AUTEUR

L'Année scientifique et industrielle, ou *Exposé annuel des travaux scientifiques, des inventions et des principales applications de la science à l'industrie et aux arts qui ont attiré l'attention publique en France et à l'étranger*, six années (1856-1861). 6 vol. in-18 jésus. Chaque année se vend séparément.

Les applications nouvelles de la science a l'industrie et aux arts, en 1855, *pour servir d'introduction à l'Année scientifique*, 2e édition. 1 vol. in-18 jésus.

Cet ouvrage, consacré à la description des appareils et inventions scientifiques qui ont figuré à l'Exposition universelle de 1855, sert d'Introduction à l'*Année scientifique et industrielle*. Il complète la série de cette publication.

La Photographie au Salon de 1859. 1 vol. in-18 jésus.

L'Alchimie et les Alchimistes, *essai historique et critique sur la philosophie hermétique*, 3e édition. 1 vol. in-18 jésus.

Histoire du merveilleux dans les temps modernes. 4 vol. in-18 jésus; 2e édition.

Tome Ier : Introduction, — les Diables de Loudun, — les Convulsionnaires jansénistes.

Tome II : les Prophètes protestants, — la Baguette divinatoire.

Tome III : le Magnétisme animal.

Tome IV et dernier : les Tables tournantes, — les médiums et les esprits.

Chaque volume se vend séparément.

Le Savant du foyer, ou *Notions scientifiques sur les objets usuels de la vie*, ouvrage illustré à l'usage de la jeunesse. 1 vol. grand in-8o, avec 275 figures, broché.

Les Eaux de Paris, *leur passé, leur état présent, leur avenir*, avec une carte hydrographique et géologique du bassin de Paris. 1 volume in-18.

Corbeil. — Typ. et stér. de Crété.

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES

PAR

LOUIS FIGUIER

SIXIÈME ÉDITION

TOME TROISIÈME

TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE ET ÉLECTRIQUE — GALVANOPLASTIE ET DORURE CHIMIQUE
PHOTOGRAPHIE — POUDRES DE GUERRE ET POUDRE-COTON.

BIBLIOTECA NAZIONALE FIRENZE

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS
PLACE DE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

GARNIER FRÈRES
RUE DES SAINTS-PÈRES, 6

1862

Digitized by Google

Digitized by Google

EXPOSITION ET HISTOIRE

DES

PRINCIPALES DÉCOUVERTES

SCIENTIFIQUES MODERNES

LA TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE

ET

LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

La télégraphie électrique, dont la réalisation parfaite ne date que d'un petit nombre d'années, est cependant d'une origine ancienne ; il y a plus d'un siècle que furent exécutés les premiers essais de ce genre. L'idée d'appliquer l'électricité à la transmission des signaux est en effet si simple, qu'elle vint naturellement à l'esprit des physiciens qui observèrent les premiers la rapidité prodigieuse avec laquelle le fluide électrique circule dans un corps conducteur. Mais pour plier aisément l'électricité aux exigences infinies des communications télégraphiques, il aurait été nécessaire de posséder une connaissance approfondie de cet agent. Or, pendant toute la durée du dix-huitième siècle, l'électricité ne fut connue que dans une partie de ses propriétés. Aussi,

bien des tentatives, bien des essais inutiles furent-ils réalisés à cette époque ; l'idée de la télégraphie électrique fut, dans cet intervalle, cent fois abandonnée et reprise. D'ailleurs, en même temps que les physiciens s'efforçaient d'appliquer le fluide électrique à la transmission de la pensée, d'autres savants cherchaient la solution du même problème dans l'emploi de moyens en apparence plus simples. Un grand nombre de mécaniciens s'occupaient d'établir un système rapide de correspondance, en combinant divers signaux formés dans l'espace et visibles à des distances éloignées. Les difficultés sans cesse renaissantes que l'on rencontrait au siècle dernier dans le maniement pratique de l'électricité, encourageaient naturellement les efforts des partisans de la télégraphie aérienne. Enfin, dans les dernières années du dix-huitième siècle, la persévérance et le génie d'un mécanicien français mirent un terme à ces luttes. La découverte du télégraphe de Chappe, qui remplit d'une manière si remarquable les conditions les plus variées et les plus difficiles de l'art, vint consacrer le triomphe de la télégraphie aérienne. C'est alors que fut adopté et établi dans toute l'Europe le système de la télégraphie aérienne.

Cependant, depuis cette époque, la physique s'enrichit d'admirables conquêtes ; l'électricité manifesta des propriétés inattendues. Ces caractères, ces aptitudes nouvelles, si heureusement découverts dans l'agent électrique, permirent de le manier et de l'assouplir comme le plus docile de nos instruments. Dès lors la télégraphie électrique a pu regagner le terrain qu'elle avait perdu ; elle n'a pas tardé à mettre en évidence son incontestable supériorité sur la télégraphie aérienne, à se substituer peu à peu à sa rivale, et enfin à la détrôner sans retour. Il sera donc nécessaire de comprendre ici, dans la même étude, l'histoire de ces deux inventions. Elles ont marché simultanément, s'atteignant,

se dépassant entre elles au milieu des fortunes les plus diverses, s'empruntant mutuellement le secours de leurs méthodes, se disputant, à des titres divers, le succès et la faveur publique. Leur marche, leurs progrès, leurs perfectionnements successifs sont si étroitement unis, qu'à les disjoindre, à les considérer isolément, on courrait le risque d'être inintelligible ou inexact.

CHAPITRE PREMIER.

Premiers essais de télégraphie. — Amontons. — Guillaume Marcel. — Télégraphe acoustique de dom Gauthey.

Les premiers essais de télégraphie ne remontent qu'à la fin du dix-septième siècle. Chez tous les peuples et dans tous les temps, on a employé, il est vrai, divers systèmes de signaux destinés à transmettre rapidement des avis d'un point à un autre; mais ces moyens imparfaits ou grossiers n'offraient aucune combinaison qui pût suffire à exprimer plus de trois ou quatre pensées bien déterminées d'avance. L'art des signaux, que l'on rencontre à divers degrés de perfectionnement chez toutes les nations civilisées, ne pouvait se développer et s'étendre que par les progrès de l'optique. Pour écrire de loin, il faut voir de loin : la découverte des lunettes d'approche et des télescopes pouvait donc seule permettre de créer la télégraphie.

C'est à un physicien français, Guillaume Amontons, que revient l'honneur d'avoir appliqué le premier les instruments d'optique à l'observation des signaux aériens. Dans l'*Éloge d'Amontons*, Fontenelle a décrit son invention avec assez d'exactitude.

« Peut-être, dit Fontenelle, prendra-t-on pour un jeu d'esprit, mais du moins très-ingénieux, un moyen qu'il inventa de faire savoir tout ce qu'on voudrait à une très-grande distance, par exemple de Paris à Rome, en très-peu de temps, comme en trois ou quatre heures, et même sans que la nouvelle fût sue dans tout l'espace d'entre-deux. Cette proposition, si paradoxe et si chimérique en apparence, fut exécutée dans une petite étendue de pays, une fois en présence de Monseigneur, et une autre en présence de Madame. Le secret consistait à disposer dans plusieurs postes consécutifs des gens qui, par des lunettes de longue vue, ayant aperçu certains signaux du poste précédent, les transmissent au suivant, et toujours ainsi de suite, et ces différents signaux étaient autant de lettres d'un alphabet dont on n'avait le chiffre qu'à Paris et à Rome. La plus grande portée des lunettes faisait la distance des postes, dont le nombre devait être le moindre qu'il fût possible; et comme le second poste faisait des signaux au troisième à mesure qu'il les voyait faire au premier, la nouvelle se trouvait portée à Rome presque en aussi peu de temps qu'il en fallait pour faire les signaux à Paris. »

Amontons était un des physiciens les plus habiles du dix-septième siècle. Ses travaux relatifs au thermomètre à air, au baromètre et à l'hygrométrie, ont exercé sur les progrès de la physique une influence puissante. Il était né inventeur. Mais s'il avait le génie qui dicte les découvertes, il était loin de réunir les qualités d'esprit qui font le succès et la fortune des inventions. Hors de ses livres et de ses machines, c'était l'homme le plus gauche et le plus ennuyeux du monde. Ajoutez qu'il était sourd. Il ne voulut jamais essayer de guérir sa surdité : « Il se trouvait bien, « dit Fontenelle, de ce redoublement d'attention et de re- « cueillement qu'elle lui procurait, semblable en quelque « chose à cet ancien qui se creva les yeux pour n'être pas « distrait dans ses méditations philosophiques. » Ceci était admirable pour faire des découvertes, mais peu avantageux pour les propager au dehors. Aussi est-il probable que la machine à signaux qu'il imagina vers 1690 serait

restée à jamais inconnue, si le hasard ne s'en était mêlé.

Mademoiselle Chouin, maîtresse du premier dauphin, fils de Louis XIV, entendit parler à Versailles de la découverte d'Amontons. En sa qualité de favorite, mademoiselle Chouin avait ses caprices; elle eut la fantaisie de voir fonctionner la machine du savant. Mais mademoiselle Chouin avait d'autres qualités : elle avait du cœur, elle s'intéressa à la fortune du pauvre inventeur ignoré ; elle ne manquait pas d'ailleurs d'un certain esprit d'intrigue, ce qui fit qu'en dépit de l'indolence et de l'apathie du dauphin, elle obtint de lui la promesse d'une expérience publique. L'expérience eut lieu dans le jardin du Luxembourg, mais elle tourna fort mal. La présence du dauphin, les brillants costumes des seigneurs qui l'entouraient, tout cet étalage solennel et inusité, troublèrent le savant. Sa surdité augmentait sa confusion. Il manœuvra tout de travers et ne put transmettre aucun signal. Le prince se mit à bâiller, tous les courtisans l'imitèrent, et la séance se termina sur cette triste impression.

Cependant mademoiselle Chouin ne se découragea pas : elle obtint une seconde épreuve qui se fit en présence de la dauphine. Cette fois les choses marchèrent mieux, mais tout le crédit de la favorite ne put aller plus loin. Que pouvait-elle obtenir de plus de la nullité d'un prince qui, au rapport de Saint-Simon, depuis qu'il était sorti des mains de ses précepteurs, « n'avait de sa vie lu que l'article *Paris* « dans la *Gazette de France* pour y voir les mariages et les « morts? » Amontons, découragé, abandonna sa découverte. Il se consola de cet échec, en prenant place, quelques années plus tard, sur les bancs de l'Académie des sciences.

On a beaucoup vanté les encouragements et les honneurs qui furent accordés sous Louis XIV aux lettres et aux beaux-arts. Il faudrait ajouter, pour tout dire, que les sciences participaient rarement de ces hautes faveurs. Quand

Louis XIV eut fondé l'Académie, lorsqu'il l'eut installée au Louvre, et qu'il eut ainsi fait aux académiciens la politesse royale de les recevoir chez lui, il se crut suffisamment acquitté envers la science. Cinq ou six pensions accordées à quelques savants bien en cour, adulateurs émérites de la trempe de Fontenelle ou de Fagon, en de rares occasions quelques visites solennelles aux académiciens assemblés, voilà à peu près à quoi se réduisit la protection du grand roi. On cesse d'être surpris de la lenteur qu'a présentée, au dix-septième siècle, le développement des sciences, quand on songe qu'elles avaient Fontenelle pour interprète et Louis XIV pour protecteur. On vient de voir comment fut accueillie l'idée d'Amontons, qui renfermait le germe de la télégraphie moderne; quelques années après, un autre inventeur se présenta avec une découverte semblable, et il ne fut pas mieux traité.

Cet autre inventeur s'appelait Guillaume Marcel; il occupait à Arles la place de commissaire de la marine. Après plusieurs années de recherches, il était parvenu à construire une machine qui transmettait des avis dans le seul intervalle de temps qu'il aurait fallu pour les écrire. Les expériences faites à Arles, et dont le procès-verbal existe encore, ne laissent aucun doute à cet égard. Les mouvements de la machine s'exécutaient, dit-on, avec une rapidité égale à la pensée. En outre, l'appareil fonctionnait de nuit aussi bien que de jour; il représentait donc le phénix tant cherché de la télégraphie nocturne.

L'inventeur se refusa à publier sa découverte; il voulut d'abord la mettre sous l'invocation et la protection du roi. Marcel avait déjà servi Louis XIV. Avocat au conseil, il avait suivi M. Girardin à l'ambassade de Constantinople; nommé ensuite commissaire près du dey d'Alger, il y conclut le traité de 1677, qui rétablit nos relations commerciales dans le Levant. C'est en récompense de ces services qu'il

avait obtenu la place de commissaire de la marine à Arles. Il voulut donc présenter au roi l'hommage et les prémices de son invention : il lui adressa un mémoire descriptif avec les dessins de son appareil; il ne demandait rien d'ailleurs, et sollicitait seulement le transport de sa machine à Paris. Ce mémoire resta sans réponse; le roi était vieux, il commençait à négliger, pour les choses du ciel, son royaume terrestre. Marcel écrivit lettres sur lettres aux ministres; mais Colbert n'était plus là, il n'y avait plus que Chamillard, et le pauvre homme avait assez à faire avec la coalition européenne à combattre et madame de Maintenon à ménager. Marcel attendit longtemps. Un jour, fatigué d'attendre et dans un moment de désespoir, il brisa sa machine et jeta au feu ses dessins. A quelques années de là, il mourut, emportant son secret. Il ne laissa ni plan, ni description de ses instruments, et l'on ne trouva dans ses papiers que son *Livre des signaux* (*Citatæ per aera decursiones*), dont sa femme et un de ses amis avaient seuls la clef.

Le nom de Guillaume Marcel est à peu près oublié aujourd'hui, ou du moins il n'est resté attaché qu'à quelques ouvrages qu'il a laissés concernant l'histoire sacrée ou profane, et la chronologie. C'était le premier chronologiste de son siècle. Il réunissait toutes les qualités de l'état, car sa mémoire tenait du prodige. Le *Journal des savants* de 1678 (où il est désigné, par erreur typographique, sous le nom de Marcet) nous apprend qu'il « faisait faire l'exercice à un « bataillon, nommant tous les soldats par le nom qu'ils « avaient pris en défilant une fois devant lui, » et qu'il exécutait de mémoire une opération d'arithmétique, fût-elle de trente chiffres. On ajoute qu'il dictait à la fois à plusieurs personnes en six ou sept langues différentes.

L'histoire des premiers essais de la télégraphie nous

amène à parler des expériences de télégraphie acoustique qui furent faites en France vers la fin du siècle dernier.

Le 1er juin 1782, l'Académie des sciences tenait sa séance au Louvre, lorsque l'on vit entrer, conduit par Condorcet, un moine revêtu de la robe des bénédictins : c'était dom Gauthey, religieux de l'abbaye de Cîteaux. Dans les loisirs du cloître, il avait imaginé un moyen de correspondance entre les lieux éloignés, et il venait en faire l'exposition devant l'Académie. Dom Gauthey avait vingt-cinq ans à peine : il était d'une taille élevée, et son visage était empreint d'une douceur et d'un charme inexprimables. Quand il prit la parole pour faire connaître les principes de son invention, son élocution contenue et grave produisit sur la docte assemblée l'effet le plus heureux. Son succès fut complet ; il dépassa bientôt les limites de l'enceinte académique. Pendant quelques jours le jeune bénédictin fut le héros de la cour et de la ville. Condorcet écrivit à ce sujet un rapport plein d'éloges, et Louis XVI s'empressa d'ordonner l'essai public du système de dom Gauthey. Ce système consistait à établir, entre des postes successifs, des tubes métalliques d'une très-grande longueur, à travers lesquels la voix se propageait sans perdre sensiblement de son intensité. Dom Gauthey affirmait pouvoir transmettre ainsi, dans une heure, un avis à deux cents lieues de distance.

Les expériences ordonnées par Louis XVI eurent lieu, sur une longueur de huit cents mètres, dans un des tuyaux qui conduisaient l'eau à la pompe de Chaillot. Elles ne laissèrent aucun doute sur la vérité des assertions de dom Gauthey. A la suite de ce premier essai, l'inventeur demanda l'épreuve de son système acoustique sur une échelle plus étendue. Il proposait de poser des tubes enchâssés les uns dans les autres de manière à former un tuyau non interrompu, et prétendait, avec trois cents tuyaux de mille

toises chacun, faire passer, en moins d'une heure, des dépêches à cent cinquante lieues. Cependant cette expérience fut jugée ruineuse, et la munificence royale recula devant les dépenses qu'elle devait entraîner.

Dom Gauthey se tourna alors d'un autre côté ; il ouvrit une souscription, mais elle fut insuffisante pour couvrir les frais probables de l'entreprise. Pendant cet intervalle, l'engouement du public avait disparu. Dans cette société frivole, les impressions se formaient et s'effaçaient avec la même promptitude ; le caprice d'un jour avait élevé la fortune du jeune bénédictin, elle s'envola au premier souffle contraire. Au bout de six mois, dom Gauthey était si parfaitement oublié, qu'il ne put trouver en France un imprimeur qui consentît à publier, même à prix d'argent, l'exposé de son système.

En désespoir de cause, le pauvre inventeur s'embarqua l'année suivante pour l'Amérique ; il y fit connaître sa découverte et demanda des souscriptions. Mais il ne put trouver qu'un imprimeur qui voulût bien publier son *Prospectus*, qui parut à Philadelphie en 1783.

Les idées de dom Gauthey étaient cependant beaucoup plus rationnelles qu'on ne le penserait peut-être au premier aperçu. Rien n'indique, dans la théorie mathématique du mouvement de l'air, que le son doive s'affaiblir en parcourant de longs tuyaux ; aussi est-il probable que les expériences de dom Gauthey reprises sérieusement amèneraient d'utiles résultats. Le son parcourt trois cent quarante mètres par seconde, ou trois cent six lieues par heure ; on conçoit donc que s'il peut se transmettre sans s'altérer dans des tuyaux cylindriques, on pourrait obtenir, en disposant un certain nombre de postes aux distances convenables, un moyen de correspondance qui ne serait pas sans valeur.

Non-seulement, en effet, les tubes propagent très-bien

le son, mais ils en accroissent singulièrement la puissance. Un coup de pistolet tiré à l'une des extrémités d'un tube fait entendre à l'autre extrémité le bruit du canon. M. Jobard a reconnu que le mouvement d'une montre, qui n'est pas sensible à la distance de seize centimètres, s'entend très-bien au bout d'un tuyau métallique de seize mètres, sans que la montre touche le métal et même lorsqu'elle en est éloignée de plusieurs pieds. Dom Gauthey avait déjà reconnu le même fait avec un tuyau de cent dix pieds. MM. Biot et Hassenfratz ont fait des expériences plus décisives encore et qui confirment parfaitement les faits avancés par le moine de Cîteaux. Ils ont reconnu qu'à travers les tubes souterrrains, la voix se propage sans rien perdre de son intensité à un kilomètre de distance (1).

(1) Ces curieuses expériences ont été faites à l'aide des tubes cylindriques qui servent à l'écoulement souterrain des eaux de Paris. Au moyen de ces tubes, M. Biot put soutenir une conversation à voix basse avec une personne placée à près d'un kilomètre de distance; ni lui ni son interlocuteur n'eurent besoin de poser l'oreille sur le tuyau, tant la perception était aisée; les sons leur parvenaient dans toute leur pureté, on les entendait même deux fois très-distinctement : une fois dans le tube, une autre fois à travers l'air extérieur. « Les mots dits aussi bas que lorsqu'on parle en secret à l'oreille, étaient reçus et appréciés. Des coups « de pistolet, tirés à l'une des extrémités, occasionnaient à l'autre une « explosion considérable ; l'air était chassé du tuyau avec assez de force « pour jeter à plus d'un demi-mètre des corps légers, et pour éteindre « des lumières... Enfin, ajoutent les auteurs de cette expérience, le « seul moyen de ne pas être entendu à cette distance eût été de « ne pas parler du tout. » (*Mémoires de la Société d'Arcueil*, t. II.

M. Jobard a répété et a beaucoup étendu ces expériences. Il fit placer 601 pieds de tubes de zinc de 3 pouces de diamètre dans un vaste atelier. Ces tubes, dont les diverses portions étaient mal jointes, formaient entre eux onze coudes à angle droit : ils montaient et descendaient d'étage en étage; une partie était suspendue aux murs, une autre couchée sur le plancher. Plusieurs centaines de personnes ont constaté qu'on s'entendait ainsi parfaitement, même en causant à voix basse. Ce dernier fait a mis hors de doute un point que MM. Biot et Hassenfratz n'avaient pas résolu : c'est que le bruit extérieur n'entrave pas les communications acoustiques; en effet, pendant cette expérience, des machines à vapeur marchaient, des tours, des limes et des marteaux

Le son peut d'ailleurs se transporter à des distances considérables sans l'intermédiaire d'aucun conducteur. Le docteur Arnoldt raconte que pendant son retour d'Amérique en Europe, à bord du paquebot, tout à coup un matelot s'écria qu'il entendait le son des cloches. Ceci fit beaucoup rire l'équipage : on était à cent lieues de la côte. Cependant le docteur prit la chose plus au sérieux. Il remarqua qu'il régnait une brise de terre assez forte, et que dans ce moment la voile du vaisseau était concave. Il se plaça au foyer de la voile et entendit parfaitement la volée des cloches. Il tint note du jour et de l'heure. Six mois après, de retour en Amérique, il apprit qu'au jour et à l'heure qu'il avait notés, il y avait eu à Rio-Janeiro un branle-bas des cloches à l'occasion de la fête de la ville. Un autre jour, le docteur Arnoldt, se trouvant sur le bord d'un lac de sept lieues de large, entendit, d'une rive à l'autre, le cri des marchands d'huîtres et le bruit des rames. Selon Franklin, les globes de feu formés par des météores à plus d'une lieue d'élévation dans les airs, produisent, en éclatant à cette hauteur, un bruit que l'on entend sur terre à vingt-cinq lieues à la ronde (1). Le traducteur de Franklin ajoute qu'il a lui-même entendu à Paris des coups de canon tirés à Lille.

C'est d'après ces faits que quelques personnes ont pro-

ébranlaient tous les étages de l'atelier, sans nuire aucunement à la perception des sons.

Des ingénieurs distingués ont étudié, en Belgique, la question de l'établissement des tubes acoustiques. On a reconnu que les conditions de succès résident dans la nature des tubes, qui doivent être composés de métaux sonores et dans leur isolement le plus complet possible par rapport au sol. Le gouvernement belge a depuis longtemps accordé l'autorisation d'établir le long des routes des tubes de ce genre. Il n'est pas douteux qu'on ne pût parvenir à correspondre ainsi entre des villes fort éloignées l'une de l'autre. Le savant Babbage se fait fort de causer de Londres avec une personne résidant à Liverpool, qui en est éloignée de 70 lieues. Rumford était plus hardi, il pensait que la voix humaine peut franchir ainsi des centaines de lieues.

(1) *Lettre de Franklin* du 20 juillet 1762.

posé d'établir des télégraphes au moyen du langage parlé. Il serait facile, selon le docteur Arnoldt, de créer un service télégraphique fondé sur ce principe. Tout l'appareil consisterait en une sorte de miroir métallique concave placé sur une éminence à l'une des extrémités de la ligne; à quelques lieues de là, à l'autre extrémité de la ligne, un porte-voix parabolique serait dirigé vers cette surface. On recueillerait les sons envoyés par le porte-voix en se plaçant au foyer du miroir. Ce serait là évidemment un moyen de correspondance fort peu dispendieux. Malheureusement la démonstration pratique a manqué jusqu'ici au système proposé par le docteur Arnoldt.

Le désir de justifier les idées de dom Gauthey, à peu près oubliées aujourd'hui, nous a entraîné à une digression un peu longue. Revenons à la série des essais télégraphiques.

CHAPITRE II.

Premiers essais d'application de l'électricité à la transmission des signaux. — Le jésuite Strada. — Souchu de Tournefort. — Première mention faite dans un recueil scientifique écossais de l'idée d'un télégraphe au moyen de l'électricité statique. — Lesage. — Lomond. — Reiser. — Bettancourt. — François Salva. — Retour à la télégraphie aérienne. — Linguet. — Dupuis. — Bergstrasser.

La découverte des phénomènes généraux de l'électricité vint changer la direction des essais entrepris jusqu'à cette époque pour la création ou le perfectionnement de l'art des signaux.

Les phénomènes de l'électricité statique ne sont connus que depuis le milieu du siècle dernier : c'est en 1746 que furent découverts les faits qui devaient servir de base à toute une science nouvelle. L'observation du transport à

distance de l'électricité, celle des corps conducteurs et non conducteurs, les curieuses propriétés de l'étincelle électrique, avaient commencé d'exciter au plus haut degré l'attention des savants. Bientôt les découvertes arrivèrent de tous les côtés. Musschenbroek construisait la bouteille de Leyde; on essayait, en France et en Angleterre, d'apprécier la vitesse de transmission de l'électricité, et Lemonnier voyait, avec un étonnement profond, ce fluide franchir, dans un temps inappréciable, la distance de deux lieues. Peu de temps après, les physiciens français découvraient au sein de l'atmosphère la présence de l'électricité libre, et s'apprêtaient à aller conjurer au sein des nuées orageuses les terribles effets de l'électricité météorique.

Au milieu de cet élan général vers l'étude des phénomènes électriques, il était impossible que l'idée si simple d'appliquer l'électricité à la transmission des signaux ne vînt pas à se produire.

Déjà d'ailleurs, et avant même la découverte des phénomènes électriques proprement dits, on avait vaguement signalé la possibilité d'appliquer l'action des aimants à une correspondance entre deux points peu éloignés. L'idée de faire servir le magnétisme à une correspondance télégraphique remonte jusqu'au dix-septième siècle; mais il est difficile de décider si elle a été proposée sérieusement ou comme un pur amusement philosophique. Le lecteur en jugera lui-même d'après les citations textuelles que nous allons faire des documents historiques qui se rapportent à cette question.

Prolusiones academicæ, tel est le titre d'un ouvrage latin, aujourd'hui fort inconnu, qui fut publié en 1617, et dans lequel l'auteur, Flaminius Strada, jésuite de Rome, s'amuse à imiter alternativement dans ses vers le style des principaux écrivains latins. Dans le passage de ce livre où il prétend imiter Lucrèce, Flaminius Strada expose avec détail

le moyen de correspondre d'un lieu à un autre et à travers une grande distance, au moyen de deux aimants.

Si deux personnes éloignées veulent échanger leurs pensées, il leur suffit, nous dit le jésuite romain, de se munir chacune d'une aiguille aimantée au moyen du même aimant et de disposer cette aiguille au milieu d'un cercle portant les lettres de l'alphabet. Si l'une des personnes vient à placer une tige de fer près de l'une des lettres, l'aiguille aimantée s'y portera aussitôt. On verra alors l'aimant éloigné se porter vers la même lettre de l'alphabet, et ainsi l'on pourra, en présentant à l'une des deux stations la tige de fer du cadran devant les différentes lettres, composer et transmettre des mots à l'observateur placé à une grande distance.

L'opération, comme on le voit, appartient au domaine de la fantaisie pure, car deux aimants distants l'un de l'autre, bien qu'ayant reçu d'un même aimant leur vertu magnétique, n'ont entre eux aucune *sympathie*, comme on disait alors, aucune attraction, dirions-nous aujourd'hui, qui pourrait produire ces mouvements semblables.

Mais, hâtons-nous de citer le document original. Après avoir fait connaître les propriétés de l'aimant, Flaminius Strada ajoute :

Ergo age, si quid scire voles, qui distat, amicum,
Ad quem nulla accedere possit epistola ; sume
Planum orbem patulumque, notas elementaque prima
Ordine, quo discunt pueri, describe per oras
Extremas orbis, medioque repone jacentem,
Qui tetigit magneta, stylum ; ut versatilis indè
Litterulam quamcumque velis, contingere possit.
Hujus ad exemplum, simili fabricaveris orbem
Margine descriptum, munitumque indice ferri,
Ferri quod motum magnete accepit ab illo.
Hunc orbem discessurus sibi portet amicus...
His ità compositis, si clàm cupis alloqui amicum

Quem procul à toto terraï distinet ora;
Orbi adjunge manum, ferrum versatile tracta.
Hìc disposta vides elementa in margine toto:
Queis opus est ad verba notis, hùc dirige ferrum,
Litterulasque, modò hanc, modò et illam, cuspide tange...
Componas singillatim sensa omnia mentis...
Quin etiam, cum stare stylum videt, ipse vicissim
Si quæ respondenda putet, simili ratione
Litterulis variè tactis, rescribit amico.
O! utinam hæc ratio scribendi prodeat usu.
Cautior et citior properaret epistola... (1)

« Si vous voulez avertir de quelque chose un ami absent auquel nulle lettre ne pourrait parvenir, prenez un disque plat et bien uni, et inscrivez tout autour, près du bord de ce disque, les lettres dans l'ordre où l'alphabet les présente; au centre placez horizontalement une tige mobile qui ait été aimantée par le contact d'un aimant, et qui puisse à volonté se porter sur les diverses lettres en parcourant ce cadran.

« Vous aurez préparé, d'un autre côté, un appareil tout semblable, contenant aussi les lettres de l'alphabet et muni d'une aiguille *aimantée au contact de la première*, mobile, et pouvant parcourir le cadran. L'ami qui s'éloigne emportera ce dernier appareil avec lui.

« Les choses ainsi disposées, si vous désirez entretenir secrètement une correspondance avec cet ami éloigné, approchez la main de votre tige de fer, faites-lui toucher une à une les diverses lettres composant les mots que vous voulez former; exprimez ainsi successivement chaque partie de votre pensée...

« Bien plus, lorsque votre ami verra s'arrêter l'aiguille, s'il désire vous répondre, il le fera en touchant de la même façon les lettres de son propre cadran.

« Plût au ciel que cette manière de correspondre fût mise en usage; une lettre s'expédierait ainsi avec plus de sécurité et de promptitude. »

Si le jésuite romain n'avait voulu, dans les vers qui précèdent, que tourner en ridicule quelques prétentions des

(1) *Flaminii Stradæ, romani è Societate Jesu, Prolusiones academicæ*, p. 362, Romæ, 1617.

physiciens de son temps, il faut convenir que le badinage de son esprit était fort heureux, car il mettait sur la voie d'une découverte bien importante. D'ailleurs cette idée du jésuite versificateur ne resta pas longtemps à l'état de plaisanterie.

Souchu de Tournefort, auteur d'un petit livre publié en 1689 sous le titre : *l'Aimant mystique*, et dans lequel les vertus de l'aimant sont rattachées aux préceptes de la religion chrétienne, fait mention des idées de Strada. Seulement il les trouve exagérées, et prétend que tout ce que l'on peut faire par ce moyen, c'est de *correspondre d'une chambre à une autre*. Ce passage du livre de Souchu de Tournefort montre que l'on avait pris au sérieux la pensée émise par Strada sous une forme peut-être ironique.

L'appareil au moyen duquel on essaya de tirer parti de cette idée, et auquel Souchu de Tournefort fait allusion, est bien probablement celui qui se trouve décrit dans un ouvrage assez répandu au dernier siècle : *Les nouvelles récréations physiques et mathématiques* (1) de Guyot; l'auteur le décrit, en effet, comme un appareil déjà connu.

Dans cet appareil dont Guyot donne la figure et explique longuement le mécanisme, il s'agit de faire répéter à une aiguille placée au milieu d'un cadran qui porte des lettres ou des chiffres inscrits autour de sa circonférence, tous les mouvements d'une autre aiguille semblable placée sur un cadran tout pareil. L'attraction de l'aiguille par un aimant caché au-dessous, est le principe du mouvement de cet appareil, qui se compose d'éléments purement mécaniques assez simples, mais dont nous passerons la description sous silence.

Sans nul doute ce petit appareil n'avait rien de commun avec celui de nos télégraphes électriques actuels,

(1) 4 vol. in-8. Paris, 1769 (tom. I).

car son jeu provenait d'organes mécaniques et non de l'électricité. Il est bien remarquable pourtant de voir une idée de ce genre réalisée mécaniquement au siècle dernier avant même la découverte des phénomènes électriques, et c'est ce qui nous a engagé à la rappeler ici.

Ce qui manquait aux appareils de Strada et à ses imitations, c'était l'agent électrique pour mettre en communication, à travers une grande distance, deux cadrans, ou un appareil quelconque destiné à exécuter des signaux. Les propriétés diverses de l'électricité, et surtout celle d'être transmise à distance avec une rapidité incommensurable, étaient à peine connues que l'idée vint presque aussitôt aux physiciens de tirer parti de ces propriétés pour l'exécution d'un télégraphe électrique.

La première mention qui ait été faite d'un appareil de ce genre, le premier appareil qui ait été proposé pour appliquer l'électricité à la transmission de la pensée, se trouve dans un recueil écossais, le *Scot's Magazine*, dans une lettre signée d'une simple initiale, et écrite de Renfrew, le 1er février 1753 (1). Il ne sera pas sans intérêt de reproduire ici ce document peu connu.

« Monsieur,

« Tous ceux qui s'occupent d'expériences d'électricité savent que la puissance électrique peut se propager, le long d'un fil, d'un lieu à un autre, sans être sensiblement affaiblie par la longueur de sa course. Supposons maintenant un faisceau de fils en nombre égal à celui des lettres de l'alphabet, étendus horizontalement entre deux lieux donnés parallèles l'un à l'autre, et distants l'un de l'autre d'un pouce.

« Admettons qu'après chaque vingt yards (mètres) les fils soient reliés à un corps solide par une jointure de verre ou de mastic de joaillier, pour empêcher qu'ils n'arrivent en contact avec la terre ou quelque corps conducteur, et pour les aider à porter leur propre poids. La batterie électrique sera placée à

(1) Vol. XV, p. 88.

angle droit à l'une des extrémités des fils, et le faisceau des fils à cette extrémité sera porté par une pièce de verre ; les portions des fils qui vont du verre-support à la machine ont assez d'élasticité et de roideur pour revenir à leur position primitive après avoir été amenés en contact avec la batterie. Tout près de ce même verre-support, du côté opposé, une balle ou boule descend suspendue à chaque fil, et, à un sixième ou un dixième de pouce au-dessous de chaque balle, on place l'une des lettres de l'alphabet, écrite sur de petits morceaux de papier ou d'une autre substance quelconque assez légère pour pouvoir être attirée et soulevée par la balle électrisée; on prend en outre tous les arrangements nécessaires pour que chacun de ces petits papiers reprenne sa place lorsque la balle cesse de l'attirer.

« Tout étant disposé comme ci-dessus, je commence la conversation avec mon ami à distance, de cette manière : Je mets la machine électrique en mouvement, et si le mot que je veux transcrire est SIR, par exemple, je prends, avec un bâton de verre ou avec un autre corps électrique par lui-même ou isolant, les différents bouts de fils correspondant aux trois lettres qui composent le mot. Puis je les presse de manière à les mettre en contact avec la batterie. Au même instant, mon correspondant voit ces différentes lettres se porter, dans le même ordre, vers les balles électrisées à l'autre extrémité des fils : je continue à épeler ainsi les mots aussi longtemps que je le juge convenable ; et mon correspondant, pour ne pas les oublier, écrit les lettres à mesure qu'elles se soulèvent ; il les unit, et il lit la dépêche aussi souvent que cela lui plaît. A un signal donné, ou quand j'en ai le désir, j'arrête la machine, je prends la plume à mon tour, et j'écris ce que mon ami m'envoie de l'autre extrémité de la ligne.

« Si quelqu'un juge que ce mode de correspondance est quelque peu ennuyeux, au lieu de balles, il pourra suspendre au plafond une série de timbres en nombre égal à celui des lettres de l'alphabet, et diminuant graduellement de dimension depuis le timbre A jusqu'au timbre Z. Du premier faisceau de fils horizontaux, il en fera partir un autre aboutissant aux différents timbres, c'est-à-dire qu'un fil ira du fil A au timbre A, un autre du fil B au timbre B, etc.

« Alors celui qui commence la conversation amène successivement les fils en contact avec la batterie comme auparavant, et l'étincelle électrique, se déchargeant sur les timbres de dimensions différentes, désignera au correspondant, par le son produit,

les fils qui auront été tour à tour touchés. De cette manière, et avec un peu de pratique, les deux correspondants arriveront sans peine à traduire en mots complets le langage des carillons, sans être assujettis à l'ennui de noter ou d'écrire chacune des lettres indiquées.

« On peut parvenir encore au même but d'une autre manière. Supposons que les balles soient suspendues au-dessus des caractères, comme dans la première expérience ; mais, au lieu d'amener les extrémités des fils horizontaux en contact avec la batterie, convenons qu'un second faisceau de fils partant de l'électrificateur vienne aboutir aux fils horizontaux du premier faisceau, et que tout soit en même temps disposé de telle sorte que chacun des fils de la deuxième série puisse être détaché du fil correspondant de la première par une pression exercée sur une simple touche, et qu'il revienne de nouveau aussitôt qu'on lui rend la liberté en cessant de presser. Ceci peut être obtenu par l'intermédiaire d'un petit ressort ou de vingt autres moyens que l'on imaginera sans peine. De cette manière, les caractères adhéreront constamment aux balles, excepté lorsque l'on éloignera un des fils secondaires du fil horizontal en contact avec la balle, et alors la lettre, à l'autre extrémité du fil horizontal, se détachera immédiatement de la balle, et sera par là même montrée au correspondant. Je mentionne en passant cette nouvelle disposition comme une variété intéressante.

« Quelqu'un pensera peut-être que, quoique le feu ou flux électrique n'ait pas paru sensiblement diminuer d'intensité dans sa propagation à travers les longueurs des fils expérimentés jusqu'ici, on peut raisonnablement supposer, comme les longueurs des fils n'ont pas dépassé 30 ou 40 yards, que, sur une longueur beaucoup plus grande, cette intensité diminuera considérablement et sera probablement tout à fait épuisée par l'action de l'air environnant, après un parcours de quelques milles.

« Pour prévenir cette objection et sans perdre de temps en arguments inutiles, je dirai qu'il suffira de recouvrir les fils, d'une extrémité à l'autre, avec une couche mince de mastic de joaillier : ceci peut se faire avec une dépense additionnelle très-minime ; et comme cette couche est électrique par elle-même, c'est-à-dire isolante, elle mettra efficacement chaque partie du fil à l'abri de l'action épuisante de l'atmosphère (1).

« Je suis, etc. C. M. »

(1) Journal *le Cosmos*, 1857.

L'appareil proposé par le savant écossais dont le nom se cache sous ces deux initiales, et qui est demeuré inconnu jusqu'ici, était fort judicieusement combiné. C'est pour nous aujourd'hui un sujet de surprise de trouver décrit, dès cette époque, un système réalisant d'une manière si rationnelle la télégraphie électrique. Cependant la lettre du savant anonyme n'attira sans doute aucune attention, car on ne voit pas que l'appareil qu'il propose ait jamais été mis à exécution.

L'honneur d'avoir le premier exécuté dans des conditions pratiques un appareil de télégraphie, fondé sur l'emploi de l'électricité statique, appartient à un savant genevois d'origine française, nommé Georges Louis Lesage. C'était un physicien habile qui a laissé des travaux estimés ; il vivait à Genève du produit de quelques leçons de mathématiques. C'est vers l'année 1760 que Lesage conçut le projet d'un télégraphe électrique qu'il exécuta à Genève en 1774. L'instrument qu'il imagina, et qui n'était d'ailleurs qu'un appareil de démonstration ou d'essai, se composait de vingt-quatre fils métalliques séparés les uns des autres et noyés dans une substance non conductrice. Chaque fil allait aboutir à un électromètre particulier formé d'une petite balle de sureau suspendue à un fil de soie. En mettant une machine électrique ou un bâton de verre électrisé en contact avec l'un de ses fils, la balle de l'électromètre qui y correspondait était repoussée, et ce mouvement indiquait la lettre de l'alphabet que l'on voulait faire passer d'une station à l'autre. C'était, on le voit, avec bien peu de différences, l'appareil de notre savant écossais.

Lesage était en correspondance avec les savants les plus distingués de l'Europe, et particulièrement avec d'Alembert. C'est ce dernier sans doute qui lui suggéra l'idée de faire hommage de sa découverte au grand Frédéric, qui

aurait aisément fait la fortune de l'invention. Lesage se proposait, en effet, d'offrir sa découverte au roi de Prusse; il avait même préparé la lettre suivante, qui devait accompagner l'envoi de ses instruments :

« Ma petite fortune est non-seulement suffisante pour tous mes besoins personnels; mais elle suffit même à tous mes goûts, excepté un seul, celui de fournir aux besoins et aux goûts des autres hommes. Ce désir-là, tous les monarques du monde réunis ne pourraient me mettre en état de le satisfaire pleinement. Ce n'est donc pas au patron qui peut donner beaucoup que je prends la liberté d'adresser la découverte suivante, mais à celui qui peut en faire beaucoup d'usage. »

Mais Frédéric se trouvait à cette époque au milieu des embarras de la guerre de Sept-Ans; Lesage abandonna son projet.

Cependant l'idée de la télégraphie électrique avait déjà si bien pénétré dans tous les esprits, qu'on la trouve quelques années après réalisée à la fois en France, en Allemagne et en Espagne. En 1787, un physicien, nommé Lomond, avait construit à Paris une petite machine à signaux fondée sur les attractions et répulsions des corps électrisés. C'est ce que nous apprend Arthur Young dans son *Voyage en France :*

A la date du 16 octobre 1787, les tablettes d'Young contiennent le passage qui va suivre :

« Rendez-vous chez M. Lavoisier. Madame Lavoisier, personne pleine d'animation, de sens et de savoir, nous avait préparé un déjeuner anglais au thé et au café; mais la meilleure partie de son repas, c'était sa conversation. Le soir, visite à *M. Lomond*, jeune mécanicien très-ingénieux et très-fécond, qui a apporté une modification au métier à filer le coton. Il a fait aussi une découverte remarquable sur l'électricité. On écrit deux ou trois mots sur un morceau de papier, il l'emporte dans une chambre et tourne une machine renfermée dans une caisse cylindrique, sur laquelle est un électromètre, petite balle

de moelle de sureau ; un fil de métal la relie à une caisse également munie d'un électromètre placé dans une pièce éloignée. Sa femme, en notant les mouvements de la balle de sureau, écrit les mots qu'ils indiquent. D'où l'on peut conclure qu'il a formé un alphabet au moyen de mouvements. Comme la longueur du fil n'a pas d'influence sur le phénomène, on peut correspondre ainsi à quelque distance que ce soit, par exemple du dedans au dehors d'une ville assiégée, ou, pour un motif bien plus digne et mille fois plus innocent, l'entretien de deux amants, privés d'en avoir d'autres (1). »

En Allemagne, Reiser proposa, en 1794, d'éclairer à distance, au moyen d'une décharge électrique, les diverses lettres de l'alphabet, que l'on aurait découpées d'avance sur des carreaux de verre recouverts de bandes d'étain. L'étincelle électrique devait se transmettre par vingt-quatre fils correspondant aux vingt-quatre lettres; on aurait isolé les fils en les enfermant sur tout leur parcours dans des tubes de verre.

En Espagne, Bettancourt, ingénieur d'un grand mérite, et dont nous avons cité le nom dans l'histoire de la machine à vapeur, avait déjà essayé, en 1787, d'appliquer l'électricité à la production des signaux, en se servant des bouteilles de Leyde, dont il faisait passer la décharge dans des fils allant de Madrid à Aranjuez. Mais quelques années plus tard, la télégraphie électrique était beaucoup plus avancée dans le même pays. En 1796, François Salva établit à Madrid un télégraphe électrique. François Salva était un médecin catalan qui s'était acquis dans la Péninsule une grande réputation par le courage et la persévérance qu'il avait montrés comme propagateur des progrès de la vaccine. Il lutta pendant toute sa vie contre l'ignorance du peuple et l'entêtement des moines. Ce médecin, qui savait,

(1) *Voyages en France pendant les années* 1787, 1788 *et* 1789, par Arthur Young. — Nouvelle traduction, par M. Jules Lesage. Paris, 1860, chez Guillaumin.

comme on le voit, reconnaître et progager les découvertes utiles, présenta à l'Académie des sciences de Madrid un mémoire sur l'application de l'électricité à la production des signaux. Le prince de la Paix voulut examiner ses appareils, et charmé de la promptitude de leurs effets, il les fit fonctionner lui-même en présence du roi. A la suite de ces essais, l'infant don Antonio, fils de Ferdinand, fit construire, dit-on, un télégraphe de ce genre qui embrassait un espace étendu.

Toutefois, hâtons-nous de le dire, un télégraphe électrique, fondé sur les seuls phénomènes d'électricité que l'on connaissait à la fin du siècle dernier, ne pouvait, dans aucun cas, être considéré comme un appareil utile. On pouvait en faire une curieuse machine de cabinet, un instrument propre à fournir quelques expériences intéressantes, mais il était impossible de songer à l'appliquer au dehors à une correspondance télégraphique. A cette époque, on n'avait encore découvert que l'électricité *statique*, c'est-à-dire celle qui est dégagée par le frottement et fournie par les machines électriques. Or l'électricité provenant de cette source ne réside qu'à la surface du corps, et tend continuellement à s'en échapper. C'est une électricité animée d'une grande tension, comme on le dit en physique. Il résulte de là qu'elle abandonne ses conducteurs sous l'influence des causes les plus indifférentes; l'air humide, par exemple, suffit pour la dissiper. Un agent aussi difficile à contenir ne pouvait donc, en aucune manière, être utilisé pour le service de la télégraphie.

C'est dire assez que toutes les tentatives faites jusqu'à la fin du dernier siècle pour plier l'électricité aux besoins de la correspondance durent être frappées d'une impuissance radicale. Après trente ans de travaux inutiles, on abandonna cette idée comme impraticable, on fut

contraint d'en revenir aux signaux formés dans l'espace et visibles à de grandes distances.

C'est à cette époque, c'est à la suite de ces travaux infructueux, que le télégraphe aérien aujourd'hui en usage en Europe fut découvert en France par la patience et le génie de Claude Chappe. Mais avant d'en venir à une découverte qui a si dignement marqué dans l'histoire de la civilisation moderne, il convient de signaler quelques recherches intermédiaires qui l'ont précédée, sinon préparée.

Dans ses *Mémoires sur la Bastille*, le journaliste Linguet revendique l'honneur de la découverte du télégraphe français. Par suite de son humeur agressive et inquiète, Linguet passa plusieurs années de sa vie à la Bastille. Dans les loisirs forcés de la captivité, son ardente imagination continuait de se donner carrière. Comme il s'était occupé de tout, Linguet avait fait certaines études sur la lumière, il a même publié quelques pages sur cette question. C'est à la suite de ses observations d'optique qu'il fut conduit à imaginer un plan de télégraphe aérien. Il proposa au gouvernement d'en dévoiler le secret en échange de sa liberté; il ne donnait cependant aucune description de sa machine, disant seulement qu'elle avait beaucoup d'analogie « avec un outil très-employé dans les ateliers. » On ne voulut pas écouter le journaliste, et peu de temps après, le ministère le laissa sortir sans conditions. Une fois dehors, Linguet oublia sa découverte; il ne s'en souvint qu'au bout de plusieurs années, pour revendiquer à l'encontre de Chappe la découverte du télégraphe.

En 1788, l'auteur de l'*Origine des cultes*, François Dupuis, habitait Belleville, tandis que son ami Fortin avait fixé sa résidence à trois lieues de Paris. Pour correspondre avec son ami à travers la distance qui les séparait, il imagina et

fit placer au-dessus de sa maison une machine télégraphique. Cette machine devait avoir quelque valeur, car elle subsista assez longtemps. Cependant, à l'apparition du télégraphe de Chappe, Dupuis la fit disparaître.

En Allemagne, un savant de Hanau, nommé Bergstrasser, a consacré sa vie presque entière à la télégraphie. Il a écrit sur ce sujet quelques ouvrages estimés, et construit un grand nombre d'appareils télégraphiques. Le mérite principal de ses travaux réside dans les perfectionnements qu'il apporta au vocabulaire de la correspondance. Il représentait les mots par des chiffres; seulement, comme le système ordinaire de numération aurait exigé un trop grand nombre de caractères, il faisait usage de l'arithmétique binaire ou quaternaire, qui n'emploie que deux ou quatre signes pour représenter tous les nombres. C'est le système qu'ont adopté plus tard les ingénieurs anglais pour leur télégraphe aérien.

Cependant Bergstrasser se proposait moins de construire un télégraphe que d'expérimenter les divers moyens de transmettre au loin la pensée. Il avait étudié dans cette vue tous les procédés de correspondance imaginés avant lui. Il employait le feu, la fumée, les feux réfléchis sur les nuages, l'artillerie, les fusées, les explosions de poudre, les flambeaux, les vases remplis d'eau, signaux des anciens Grecs, le son des cloches, celui des trompettes et des instruments de musique, les cadrans, les drapeaux mobiles, les fanaux, les pavillons et les miroirs. Nous n'avons pas besoin de faire remarquer tout ce qu'avait d'impraticable la combinaison de tant de moyens différents. L'arithmétique binaire exige que l'on répète un très-grand nombre de fois les deux signes qui représentent les différents nombres, lorsque ces nombres sont un peu élevés; il résultait de là que, pour transmettre une phrase de quelques lignes, il fallait reproduire à l'infini le même signal. Si l'on

faisait usage du canon ou de fusées, pour une phrase composée d'une vingtaine de mots, Bergstrasser faisait tirer jusqu'à vingt mille coups de canon ou vingt mille fusées. L'excentricité allemande ne perd jamais ses droits : Bergstrasser fut un moment sur le point de voir adopter ses vingt mille coups de canon.

Il ne manquait à sa gloire que d'avoir composé un télégraphe vivant. C'est ce qu'il fit en 1787, en dressant un régiment prussien à transmettre des signaux. Les soldats exécutaient les manœuvres télégraphiques par les divers mouvements de leurs bras. Le bras droit étendu horizontalement indiquait le numéro 1 ; le gauche placé de la même manière, le numéro 2 ; les deux bras ensemble, le numéro 3; le bras droit élevé verticalement, le numéro 4 ; et le bras gauche en l'air, le numéro 5. Ces télégraphes animés manœuvrèrent en présence du prince de Hesse-Cassel : le régiment obtint un succès de fou rire.

A part ces bizarreries, Bergstrasser a rendu à la télégraphie de notables services. Ses calculs pour la combinaison des chiffres représentatifs des mots étaient d'une rare justesse. Sa prévoyance n'était jamais en défaut. Il embrassait même le cas où les interlocuteurs ne pourraient s'apercevoir entre eux, bien qu'ils fussent assez près pour se toucher. Alors il armait leurs mains d'un miroir avec lequel ils dirigeaient les rayons du soleil sur un objet placé à l'ombre ; la répétition de ce signal à intervalles fixes était, dans ce cas, la base de l'alphabet. Ce dernier moyen, pour le dire en passant, a été repris de nos jours et proposé pour un système de correspondance télégraphique applicable à l'Algérie (1).

Un autre original, le baron Boucherœder, fut jaloux de l'une des inventions de Bergstrasser, c'est-à-dire de ses té-

(1) Voyez l'*Année scientifique et industrielle*, 1re année, 1857, p. 297-301.

légraphes animés. Il était colonel d'un régiment de chasseurs hollandais, et en 1795 il dressa ses soldats à des manœuvres télégraphiques. Mais le régiment prit peu de goût à ces exercices, car la moitié déserta, et l'autre moitié entra à l'infirmerie. Au sortir de l'hôpital, les soldats refusèrent de recommencer ; le colonel, furieux, alla se plaindre à l'empereur François, qui lui rit au nez, ce qui occasionna, dit-on, au savant guerrier une telle colère, qu'il en mourut.

C'est ce même Boucherœder qui, dans son traité de l'*Art des signaux*, imprimé à Hanau en 1795, prétend que la tour de Babel n'avait d'autre objet que d'établir un point central de communications télégraphiques entre les différentes contrées habitées par les hommes.

Ainsi, jusqu'à la fin du siècle dernier, l'art télégraphique ne présentait que des principes confus et vagues, entièrement privés de la sanction pratique. Toutes ces idées, dont la plupart sont restées sans application, n'enlèvent rien à l'originalité des travaux de Chappe, qu'il est juste de considérer comme l'inventeur de la télégraphie aérienne.

CHAPITRE III.

L'abbé Chappe. — Ses travaux. — Établissement des premiers télégraphes aériens. — La télégraphie aérienne adoptée en Europe.

Claude Chappe était fils d'un directeur des domaines de Rouen ; il était neveu de l'abbé Chappe d'Auteroche, que son dévouement à la science a rendu célèbre, et qui, envoyé par l'Académie des sciences dans les déserts de la Californie pour observer le passage de Vénus sur le disque

du soleil, y périt victime du climat de ces contrées. Claude Chappe était né à Brûlon, dans le département de la Sarthe. Cadet d'une famille nombreuse, il entra dans les ordres. Il avait obtenu à Bagnolet, près de Provins, un bénéfice d'un revenu assez considérable qui lui fournissait les moyens de se livrer à son goût pour les recherches de physique. A l'âge de vingt ans, il faisait déjà partie de la *Société philomatique*.

La révolution française l'arrêta dans ses travaux. Il perdit son bénéfice et retourna à Brûlon au milieu de sa famille, où il retrouva quatre de ses frères, dont trois venaient aussi de perdre leurs places. Dans ces circonstances, il lui vint à la pensée de mettre à profit quelques essais qui remontaient aux premières années de sa vie. Il espéra pouvoir tirer parti, dans l'intérêt de sa famille, d'une sorte de jeu qui avait fourni des distractions à sa jeunesse.

L'abbé Chappe avait été élevé dans un séminaire près d'Angers, tandis que ses frères étaient placés dans une pension à une demi-lieue du séminaire. Pour tromper les ennuis de la séparation et de la solitude, il avait imaginé une manière de correspondre avec eux. Une règle de bois tournant sur un pivot, et portant à ses extrémités deux règles mobiles de moitié plus petites, tel était l'instrument qui leur avait servi à échanger quelques pensées. Par les diverses positions de ces règles, on obtenait cent quatre-vingt-douze signaux qu'il était facile de distinguer avec une longue-vue. Claude Chappe pensa que l'on pourrait tirer un certain parti de ces signaux, en les appliquant, sur une échelle étendue, aux rapports du gouvernement avec les villes de l'intérieur et de la frontière. Il proposa donc à ses frères de perfectionner ce moyen de correspondance et de l'offrir ensuite au gouvernement. Il fit adopter ses vues à sa famille, et décida ses frères à le seconder dans ses recherches.

Le système des règles mobiles, qui avait fonctionné heureusement lorsqu'il ne s'était agi que d'une correspondance entre deux points, rencontra des difficultés insurmontables quand on voulut multiplier les stations. On renonça donc à cette combinaison pour essayer l'électricité. Dans ses travaux de physique, l'abbé Chappe s'était surtout occupé d'électricité, et cet agent paraissait satisfaire si bien à toutes les conditions du problème télégraphique, que des essais de cette nature étaient pour ainsi dire commandés. Son cabinet de physique permit d'entreprendre les expériences, mais les frais qu'elles occasionnaient ne tardèrent pas à s'élever si haut, qu'il fallut vendre tous les instruments. D'ailleurs, ces essais, exécutés nécessairement avec l'électricité statique, n'amenaient aucun résultat avantageux.

On en vint alors à se servir d'un corps opaque, isolé dans l'atmosphère, et qui, par son apparition et sa disparition successives, indiquait l'instant précis où il fallait marquer le chiffre désigné par deux pendules placées aux deux stations, et parfaitement concordantes entre elles. On put, par ce moyen, correspondre régulièrement et avec une grande promptitude à trois lieues de distance. Ces résultats furent parfaitement constatés par des expériences spéciales dont le procès-verbal existe encore, et qui furent exécutées en présence des officiers municipaux et des notables du pays, au château de Brûlon.

Muni de ces procès-verbaux, l'abbé Chappe vint à Paris vers la fin de 1791, et après bien des difficultés et des démarches, il obtint la permission d'élever un de ses télégraphes sur le petit pavillon de gauche de la barrière de l'Étoile. Deux de ses frères le secondaient dans ces expériences qui donnaient les meilleurs résultats. Mais une nuit plusieurs hommes masqués envahirent le pavillon et enlevèrent le télégraphe.

Cette mystérieuse disparition de leur machine, qui n'a jamais été bien expliquée, découragea les inventeurs et refroidit leur zèle. Ils auraient probablement renoncé pour jamais à l'entreprise, sans un événement qui vint leur rendre quelque espoir. L'aîné des frères Chappe fut nommé, par le département de la Sarthe, membre de l'Assemblée législative. Comptant sur le crédit du nouveau député, l'abbé Chappe retourna à Paris, et obtint l'autorisation d'établir un autre télégraphe dans le beau parc que Lepelletier de Saint-Fargeau possédait à Ménilmontant. Ce nouvel appareil consistait en un grand tableau de forme rectangulaire qui présentait plusieurs surfaces de couleurs différentes, et dont l'axe pivotait de telle sorte que ces surfaces paraissaient et disparaissaient à volonté. Ce n'était pas encore là, comme on le voit, le télégraphe actuel; c'est néanmoins la disposition qui, plus tard, servit de modèle au télégraphe aérien en Angleterre et en Suède.

Les frères Chappe travaillaient avec ardeur à perfectionner et à régulariser le jeu de cet instrument, lorsqu'un matin, au moment où ils entraient dans le parc, ils virent accourir vers eux le jardinier tout épouvanté, qui leur criait de s'enfuir. Le peuple s'était inquiété du jeu perpétuel de ces signaux; on avait vu là quelque machination suspecte, on avait soupçonné une correspondance secrète avec le roi et les autres prisonniers du Temple, et l'on avait mis le feu à la machine. Le peuple menaçait de jeter aussi les mécaniciens dans les flammes. Les frères Chappe se retirèrent consternés.

Cependant Claude Chappe ne se laissa point abattre. Il voulut poursuivre jusqu'au bout une découverte dont la première pensée lui appartenait. Pour la troisième fois, il demanda l'autorisation d'établir, à ses frais, de nouvelles machines, et il l'obtint, grâce au crédit de son frère le député. Il disposa donc trois postes, dont l'un fut placé à

Ménilmontant, l'autre à Écouen, village à cinq lieues de Paris, et le troisième à Saint-Martin du Tertre, à quatre lieues d'Écouen. C'est à cette époque que furent arrêtées entre les frères Chappe les dispositions et les combinaisons du télégraphe aérien. Le mécanisme des trois règles mobiles et le vocabulaire qui se rapporte à ces signaux furent alors mis en pratique pour la première fois.

Quand les stationnaires furent convenablement exercés à toutes les manœuvres de la ligne, l'inventeur demanda au gouvernement l'examen public de son appareil. Un an s'écoula sans amener de réponse. En d'autres temps peut-être ce retard eût été indéfini, et le projet de Chappe, enseveli dans les cartons d'un ministère, serait resté à jamais oublié. Mais à une époque où plusieurs armées, éparses sur divers points du territoire, avaient besoin de pouvoir communiquer librement et rapidement entre elles, un agent de correspondance précieux à tant d'égards devait appeler l'attention des dépositaires de l'autorité publique. Un député, nommé Romme, qui avait quelques notions de sciences, découvrit l'exposé de Chappe dans les bureaux du comité de l'instruction publique. Frappé de la lucidité de ce travail et comprenant son importance, il le signala avec éloges au comité. Nommé rapporteur du projet le 4 avril 1793, Romme monta à la tribune, le mémoire de Chappe à la main, et il obtint de la Convention qu'une somme de 6,000 francs fût consacrée à l'essai de ce système télégraphique.

Les expériences eurent lieu le 21 juillet suivant. Daunou et Lakanal, commissaires de la Convention, se tenaient à Saint-Martin, l'un des postes extrêmes, avec Abraham Chappe ; Arbogast et quelques autres députés se trouvaient, avec l'abbé Chappe, à Ménilmontant. Les expériences durèrent trois jours. A la distance de sept lieues, toutes les dépêches furent transmises avec une précision et une promp-

titude extraordinaires. De retour à Paris, les commissaires firent à la Convention un rapport qui détermina l'Assemblée à ordonner, sans autre retard, l'établissement d'une ligne télégraphique de Paris à Lille. L'abbé Chappe fut chargé du soin d'organiser cette première ligne; la Convention crut devoir l'honorer à cette occasion du titre, peu euphonique, d'*ingénieur télégraphe.*

Les travaux pour la construction de cette ligne durèrent plus d'une année. Nous n'avons pas besoin de dire quels obstacles il fallut surmonter, quelles ressources, quelle activité, il fallut déployer dans l'organisation d'un système si nouveau. Ces difficultés ne pouvaient être vaincues que par le courage, la persévérance et l'accord d'une famille intéressée au succès d'une création dont la gloire devait lui revenir tout entière.

La ligne télégraphique fut inaugurée par l'annonce d'une victoire. Dans la séance du 30 novembre 1794, Carnot apporta à la Convention la nouvelle, expédiée par le télégraphe, de la prise de Condé sur les Autrichiens. Aussitôt les applaudissements éclatèrent sur tous les bancs de l'Assemblée. La Convention transmit immédiatement cette réponse : « *L'armée du Nord a bien mérité de la patrie.* » Elle envoya en même temps un décret par lequel le nom de la ville de Condé était changé en celui de *Nord-Libre*. La dépêche, la réponse et le décret furent transmis avec une telle promptitude, que les ennemis crurent que la Convention elle-même siégeait au milieu de l'armée.

En 1798, on construisit la ligne de Strasbourg. En 1799, le Directoire commença la ligne du Midi, qui s'arrêta à Dijon et ne fut pas mise immédiatement en activité. En 1805, Napoléon décréta la ligne de Paris à Milan. Celle de Lyon à Toulon a été construite sous la Restauration. Toutes ces lignes ont été organisées par les frères Chappe, qui furent mis, dès le début, à la tête de l'administration des télégraphes.

L'abbé Chappe est mort sous l'Empire. A la suite d'un dîner de savants où les convives s'étaient un peu animés, il se laissa choir dans un puits qu'il n'avait pas aperçu. Il eut la fin de l'astrologue de la fable, avec lequel il n'est pas sans avoir eu quelque ressemblance durant sa vie.

Ses deux frères, René et Abraham, restèrent, après lui, à la tête de l'administration jusqu'en juillet 1830, époque à laquelle le gouvernement provisoire les mit à la retraite. Abraham Chappe fut destitué pour avoir refusé, le 31 juillet 1830, de faire passer dans les départements les dépêches du gouvernement provisoire. René Chappe fut renvoyé tout simplement parce que l'on avait besoin de sa place. Il avait cependant prêté serment au gouvernement nouveau, « comme j'en avais prêté dix autres, » ajoute-t-il assez piteusement dans sa brochure publiée en 1840 au Mans, où il s'était retiré.

Il faut convenir que, dans cette affaire, la sévérité fut poussée bien loin. Le nom des Chappe est une des gloires de la France; leur découverte avait excité l'envie et l'admiration de l'Europe; leur fortune s'était épuisée dans de longues et dispendieuses études; ils avaient donné à l'administration quarante ans de leur vie : ils avaient bien acquis le droit de mourir à leur poste. Mais si les gouvernements sont ingrats, la conscience publique reste fidèle au souvenir des gloires nationales. Quand on entre dans le cimetière de l'Est, on aperçoit, dans un coin retiré, un monument très-simple qui porte pour tout emblème un télégraphe de fonte : c'est la tombe de l'abbé Chappe. Les hommes n'ont pas élevé d'autre monument à sa mémoire; mais celui-là suffira, dans sa simplicité éloquente, pour rappeler le nom du savant laborieux et modeste dont la vie n'a pas été sans influence sur les destinées contemporaines.

La découverte du télégraphe français produisit en Europe une sensation très-vive; tous les peuples étrangers s'empressèrent de l'adopter ou de l'imiter. Notre télégraphe fut établi en Italie et en Espagne. Dans les pays septentrionaux, les brumes particulières à ces climats rendent difficilement visibles les signaux allongés; on préféra se servir de volets mobiles, dont les combinaisons sont assez variées pour offrir une multitude de signaux. On a vu d'ailleurs que Chappe avait, pendant quelque temps, employé cette disposition. En Angleterre et en Suède, les télégraphes aériens sont construits d'après ce système.

Le télégraphe suédois, qui fut construit par M. Endelerantz, se composait d'un grand cadre offrant des volets placés à égale distance, et disposés sur trois rangées verticales; chacun de ces volets était fixé à un axe mobile; ils pouvaient prendre une position horizontale et verticale; en s'ouvrant ou se fermant de cette manière, ils formaient 1024 signaux qui suffisaient aux besoins de la correspondance. Les premiers essais du télégraphe suédois furent faits entre Drottningholm et Stockholm, le 30 octobre 1794. En 1796, on disposa trois télégraphes pour servir à la correspondance des deux bords d'Aland, à la distance de huit lieues.

Le télégraphe suédois était à peine établi, que le gouvernement anglais en adopta un à peu près semblable, qui fut élevé, en 1796, sur l'hôtel de l'Amirauté. C'était une sorte de grille occupée par six volets très-rapprochés. Mais cette disposition, qui expose trop aisément à confondre les signaux placés à côté ou au-dessus les uns des autres, jointe d'ailleurs à l'existence habituelle des brouillards sous le climat défavorable de l'Angleterre, empêcha de retirer du télégraphe aérien tous les avantages qu'il procure dans les pays méridionaux. On a prétendu que le premier télégraphe établi à Londres en 1796 ne pouvait servir que vingt-cinq jours au plus dans l'année. Diverses modifications ap-

portées à cet appareil ont amélioré, depuis cette époque, l'état de la télégraphie aérienne, sans l'amener cependant à un degré suffisant de valeur. C'est précisément en raison des insuccès répétés de la télégraphie aérienne, que la télégraphie électrique devait, plus tard, prendre en Angleterre un essor rapide.

La découverte française se répandit plus lentement en Allemagne. Bergstrasser, qui n'abandonnait pas aisément la partie, dépeça, mutila le télégraphe français, et en fit une machine informe qui ne put jamais être employée. Il allait chercher toutes les raisons du monde pour donner le change à ses compatriotes sur le mérite de l'invention française. Et parfois il rencontrait de singuliers arguments : « Au reste, dit-il dans un ouvrage dédié à l'empereur « François II, je pense que les Français n'emploient pas « leur télégraphe à un autre but qu'à un but politique : « on s'en sert pour amuser les Parisiens, qui, les yeux sans « cesse fixés sur la machine, disent : *Il va, il ne va pas.* « On profite de cette occasion pour détourner l'attention « de l'Europe, et en venir insensiblement à ses fins. » Cependant on ne tint pas compte d'aussi bonnes raisons, et le télégraphe de Chappe fut adopté dans les États allemands.

Le télégraphe aérien fut sur le point de s'installer en Turquie. L'ambassadeur ottoman fit demander pour son souverain un modèle de télégraphe au gouvernement français. Les appareils furent envoyés, mais personne, à Constantinople, ne put réussir à les faire fonctionner.

La découverte de Chappe devait trouver en Égypte un plus sérieux accueil. Méhémet-Ali, désireux de doter son pays de cette nouvelle conquête de la civilisation européenne, chargea un ingénieur, M. Abro, d'établir une ligne télégraphique du Caire à Alexandrie. On fit venir de France les modèles, les lunettes d'approche et tous les instruments nécessaires. M. Abro, accompagné de M. Coste,

un des ingénieurs du pacha, fit la reconnaissance des lieux, et présida à la construction des tours. La ligne télégraphique créée par Méhémet-Ali fonctionne encore aujourd'hui en Égypte ; on reçoit en quarante minutes à Alexandrie les nouvelles du Caire, au moyen de dix-neuf stations.

La télégraphie rencontra plus de difficultés en Russie ; ce n'est guère qu'en 1834 qu'elle put s'y établir d'une manière définitive. Cependant l'utilité d'un tel agent de correspondance se faisait sentir en Russie plus que dans toute autre partie de l'Europe. L'immense étendue de cet empire est un obstacle continuel à la transmission des ordres envoyés de la capitale ; il faut des mois entiers pour les faire parvenir et pour être informé de leur exécution. La distance qui sépare les divers peuples soumis à l'autorité du czar est si considérable, qu'ils ne peuvent former entre eux des relations suivies, et qu'ils sont pour la plupart comme étrangers les uns aux autres. Toutes ces circonstances devaient donner à l'établissement de la télégraphie chez les Russes un prix inestimable. Aussi l'empereur attachait-il la plus haute importance à cette question. Malheureusement les résultats répondirent mal à son impatience et à ses désirs. Un grand nombre de personnes avaient essayé, à Saint-Pétersbourg, de construire des télégraphes, mais leurs tentatives avaient été si mal combinées, qu'il en reste à peine des traces. Nous ne connaissons de ces essais infructueux que l'esquisse de machine télégraphique qui fut proposée au czar par l'abbé Valentin Haüy, connu par sa méthode d'éducation des aveugles. Dans une brochure publiée en 1805, Valentin Haüy annonce qu'il vient d'appliquer heureusement sa méthode à la composition d'un système et d'une machine télégraphiques dont il a accommodé le service « tout exprès pour l'usage « de l'empire de Russie. » Il est difficile de comprendre comment une méthode imaginée pour les aveugles peut

servir à lire des signaux : cette idée n'eut aucune suite.

Les journaux annoncèrent en 1808 qu'un M. Volque allait enrichir Saint-Pétersbourg d'un télégraphe aérien. Cet appareil devait mal remplir les vues du gouvernement, puisque son auteur crut devoir l'année suivante le transporter à Copenhague. Cependant, en 1809, le consul de Danemark fit au gouvernement français la demande d'un télégraphe, ce qui ne plaide pas en faveur de l'appareil de M. Volque.

Tous les essais entrepris en Russie pour la création d'une ligne télégraphique avaient donc échoué, et depuis vingt ans une commission officielle, instituée en vue de cette question, n'avait encore rien produit, lorsqu'en 1831, un ancien employé de la télégraphie française vint proposer au czar de doter son empire du moyen de correspondance depuis si longtemps cherché. C'était M. Chatau, qui, au moment de la révolution de juillet, avait été destitué avec Abraham Chappe. Le système qu'il adopta était une modification du télégraphe de Chappe, ayant pour principal avantage de diminuer le nombre des signaux. M. Chatau a établi en Russie deux lignes de télégraphie aérienne, l'une de huit postes entre Saint-Pétersbourg et Cronstadt, et une seconde de cent quarante-huit postes entre Saint-Pétersbourg et Varsovie. La première a été ouverte à la fin de février 1834, la seconde en mars 1838.

La ligne télégraphique de Varsovie est la plus étendue de l'Europe : elle a trois cents lieues de longueur. Son organisation est entièrement militaire. Chacun des postes renferme une chambre à coucher, une cuisine, deux remises, une cave, une vaste cour, un jardin et un puits. Quatre employés sont attachés au service de chacune des stations.

CHAPITRE IV.

Principes du télégraphe aérien. — Mécanisme des signaux. — Vocabulaire. — Inconvénients de la télégraphie aérienne. — Télégraphie de nuit.

Depuis l'année 1854, la télégraphie aérienne a été totalement abandonnée en France; on n'a pu maintenir l'usage de ce système de correspondance en présence des avantages de toute nature offerts par la télégraphie électrique. Dans la plupart des États de l'Europe, le même changement s'opère de jour en jour ; c'est la marche nécessaire du progrès. Bien qu'il soit aujourd'hui tombé en désuétude, il nous paraît utile de faire connaître avec précision un système de correspondance qui pendant cinquante ans a joué un si grand rôle dans la société. Nous allons donc exposer avec quelques détails le mécanisme du télégraphe aérien, et les principes sur lesquels repose le vocabulaire qui s'y rapporte.

Le télégraphe proprement dit, ou la partie de la machine qui forme les signaux, se compose de trois branches mobiles : une branche principale de quatre mètres de long, appelée *régulateur*, et deux petites branches longues d'un mètre, appelées *indicateurs* ou *ailes*. Le régulateur est fixé par son milieu à un mât qui s'élève au-dessus du toit de la maisonnette où se trouve placé le stationnaire. Ces branches mobiles sont disposées en forme de persienne, c'est-à-dire composées d'un cadre étroit, dont l'intervalle est rempli par des lames minces, inclinées les unes au-dessus des autres. Cette disposition a l'avantage de donner aux pièces une grande légèreté; elle leur permet aussi de résister aux

vents et de combattre les mauvais effets de la lumière. Les branches mobiles sont peintes en noir, afin qu'elles se détachent avec plus de vigueur sur le fond du ciel. L'assemblage de ces trois pièces forme un système unique, élevé dans l'espace et soutenu par un seul point d'appui, l'extrémité du mât, autour duquel il peut librement tourner. Les pièces du télégraphe se meuvent à l'aide de cordes de laiton. Ces cordes communiquent, dans la maisonnette, avec un autre télégraphe, qui est la reproduction en petit du télégraphe extérieur. C'est ce second appareil que l'employé manœuvre; le télégraphe placé au-dessus du toit ne fait que répéter les mouvements imprimés directement à la machine inférieure.

Le régulateur est susceptible de prendre quatre positions : verticale — horizontale — oblique de droite à gauche — oblique de gauche à droite. Les ailes peuvent former avec lui des angles droits, aigus ou obtus; ces signaux sont clairs, faciles à apercevoir, faciles à écrire, il est impossible de les confondre.

Voici maintenant les conventions et les principes qui règlent la formation des signaux.

Les frères Chappe ont décidé qu'aucun signal ne serait formé sur le régulateur placé dans la situation horizontale ni perpendiculaire ; les signaux ne sont valables que quand ils sont formés sur le régulateur placé obliquement. Ils ont encore décidé qu'aucun signal n'aurait de valeur, et ne devrait par conséquent être écrit et répété, que lorsque, étant formé sur l'une des deux obliques, il serait transporté tout formé soit à l'horizontale, soit à la verticale. Ainsi le guetteur qui voit former le signal le remarque pour se préparer à le répéter, mais il ne l'écrit point ; aussitôt qu'il le voit porter à l'horizontale ou à la verticale, il est certain que le signal est bon, alors il le répète et le note. On appelle cette manœuvre *assurer* un signal. Cette ma-

nière d'opérer a pour but de bien marquer au stationnaire quel est, au milieu de tous les mouvements successifs des pièces du télégraphe, le signal définitif auquel il doit s'arrêter pour le reproduire.

Les diverses positions que peuvent prendre le régulateur et les ailes donnent 49 signaux différents ; mais chaque signal peut prendre une valeur double, selon qu'il est transporté à l'horizontale ou à la verticale : ainsi 49 signaux peuvent recevoir 98 significations, en partant de l'oblique de droite, pour être affichés horizontalement ou verticalement ; de même pour l'oblique de gauche, ce qui donne en tout 196 signaux. Les frères Chappe ont arrêté que la moitié de ces 196 signaux serait consacrée au service des dépêches, et l'autre moitié à la police de la ligne, c'est-à-dire aux avis et indications à donner aux stationnaires. Les 98 signaux formés sur l'oblique de droite servent à la composition des dépêches, les 98 signaux formés sur l'oblique de gauche sont destinés au règlement et à la police de la ligne.

Maintenant, comment ces différents signaux peuvent-ils transmettre l'expression de la pensée ? Les frères Chappe ont consacré 92 des signaux de l'oblique de droite à représenter la série de 92 nombres, depuis 1 jusqu'à 92 ; ensuite ils ont composé un vocabulaire de 92 pages, dont chaque page contient 92 mots. Il est convenu que le premier signal donné par le télégraphe indiquera la page du vocabulaire, et que le second signal indiquera le numéro porté dans cette page répondant au mot de la dépêche. On peut ainsi, par deux signaux, exprimer 8,464 mots. C'est là le *vocabulaire des mots.*

Cependant 8,464 mots seraient insuffisants pour traduire toutes les pensées et pour répondre aux cas imprévus ; d'un autre côté, il est des idées qui doivent revenir fréquemment dans le cours de la correspondance : on a donc composé un

second vocabulaire que l'on nomme *vocabulaire des phrases*. Il est formé, comme le précédent, de 92 pages, contenant chacune 92 phrases ou membres de phrase, ce qui donne 8,464 idées. Ces phrases s'appliquent particulièrement à la marine et à l'armée. Il est bien entendu que pour se servir de ce vocabulaire, le télégraphe doit donner trois signaux : le premier pour indiquer qu'il s'agit du vocabulaire phrasique ; le second, pour indiquer la page du vocabulaire, et le troisième, pour le numéro de cette page.

On a créé enfin, sur les mêmes principes, un autre vocabulaire, nommé *géographique*, qui porte la désignation des lieux.

Après l'année 1830, on refondit en un seul les trois vocabulaires de Chappe, que l'on étendit beaucoup. Les phrases et les mots furent disposés dans un ordre plus simple qui facilitait considérablement la composition et la traduction des dépêches : pour dérouter les observations indiscrètes, l'administration avait soin de changer fréquemment la clef du vocabulaire.

Quant aux signaux destinés simplement à la police de la ligne, on comprend que l'emploi de tout vocabulaire était superflu. Les 192 signaux formés sur l'oblique de gauche, affectés spécialement à cette destination, étaient connus de tous les employés. Ils exprimaient les avis transmis par l'administration : l'urgence, le but, la destination de la dépêche, les congés d'une heure, d'une demi-heure, l'erreur commise sur un signal, l'absence d'un employé; en un mot, tous les cas qui peuvent être prévus, depuis l'absence ou le retard d'un stationnaire, jusqu'à la destruction d'un télégraphe par le vent ou la foudre. Ces sortes d'avis parcouraient la ligne avec la rapidité de l'éclair, et l'administration était instruite en un clin d'œil de la nature de l'obstacle rencontré par la dépêche et du lieu précis où elle s'était arrêtée.

La vitesse de transmission des dépêches varie suivant la distance. Quand la télégraphie aérienne servait, en France, comme moyen de transmission de dépêches, on recevait à Paris les nouvelles de Calais (68 lieues) en trois minutes, par trente-trois télégraphes ; celles de Lille (60 lieues) en deux minutes, par vingt-deux télégraphes ; celles de Strasbourg (120 lieues) en six minutes et demie, par quarante-quatre télégraphes ; celles de Brest (150 lieues) en huit minutes, par cinquante-quatre télégraphes ; celles de Toulon (267 lieues) en vingt minutes, par cent télégraphes.

Cinquante ans de services ont suffisamment montré les excellentes qualités de la télégraphie aérienne ; cependant cette télégraphie avait de nombreuses imperfections, et il nous reste à les signaler.

Les signaux se transmettent à travers l'atmosphère ; par conséquent ils sont soumis à tous les accidents, à toutes les vicissitudes atmosphériques. Les brouillards, les pluies abondantes, la fumée, le mirage, les brumes du matin et du soir, paralysent le jeu du télégraphe aérien. Claude Chappe avait constaté que, de son temps, le télégraphe ne pouvait parfaitement fonctionner que 2190 heures durant l'année, c'est-à-dire six heures par jour, terme moyen. Aussi affirmait-il que sur douze dépêches envoyées par les ministres et les autorités à l'administration télégraphique ou aux directeurs du télégraphe en province, six restaient dans les cartons ou étaient envoyées par la poste, trois ne parvenaient à leur destination que six, douze ou vingt-quatre heures après avoir été remises, et trois seulement arrivaient aussi promptement que possible. Mais les perfec-fectionnements apportés plus tard aux appareils et au vocabulaire améliorèrent ces conditions.

Le vice fondamental de la télégraphie aérienne ne réside donc pas précisément dans le trouble accidentel que les

variations de l'atmosphère apportent au passage des signaux ; ce système de télégraphie présente un inconvénient plus sérieux : on devine qu'il s'agit de l'absence des signaux pendant la nuit. Le repos forcé du télégraphe pendant toutes les nuits laisse dans le service une lacune funeste, puisqu'il diminue de moitié le temps de la correspondance. Pendant seize heures sur vingt-quatre en hiver, le télégraphe aérien est condamné à l'immobilité. En mai et septembre, il ne peut fonctionner que douze heures, et durant les jours les plus longs de l'été, il doit encore se reposer huit heures. Aussi toutes les dépêches que l'on apporte après le coucher du soleil, sont-elles forcément renvoyées au lendemain. Alors, le salut d'une armée dût-il en dépendre, l'État fût-il en péril, nulle puissance humaine ne pourrait arracher le télégraphe à son fatal repos. Aux premières ombres du soir, il a replié ses ailes ; comme un serviteur paresseux, il dort jusqu'au lever de la prochaine aurore. Et pourtant de quelle importance n'aurait pas été, en tant d'occasions de notre histoire, l'existence d'une bonne télégraphie nocturne ! L'émeute ou la bataille sont suspendues aux approches de la nuit ; dans ces heures de silence et de trêve, l'autorité publique a le temps d'organiser ses mesures. Les masses dorment, les chefs doivent veiller ; par leurs soins, sous l'ombre protectrice de la nuit, les ordres s'élancent dans toutes les directions avec la rapidité de la pensée, et le lendemain, quand le soleil monte sur l'horizon, la défense est prête ou l'attaque concertée.

Les données fournies par la science montrent sous un autre aspect les avantages de la télégraphie nocturne. La météorologie nous apprend que les nuits limpides sont plus fréquentes que les jours sereins. Presque tous les phénomènes atmosphériques qui, dans le jour, contrarient la transmission des signaux, perdent leur influence pendant

la nuit. Jusqu'au lever du soleil, les fleuves, les bois, les marais cessent de fournir des vapeurs. Le mirage est nul, les brouillards tombent avec le crépuscule. La nuit abaisse les vapeurs que le soleil avait élevées; la nuit, les villes, les villages, les usines, ne répandent plus de fumée. Le refroidissement du soir précipite, il est vrai, l'eau répandue en vapeur dans l'atmosphère, et la résout en un brouillard léger; mais ce phénomène ne se passe qu'à quelques pieds du sol, et n'atteint jamais la hauteur des régions télégraphiques. Il faut remarquer de plus que presque toujours des nuits sereines succèdent à des jours pluvieux, et réciproquement. En supposant donc la télégraphie nocturne établie conjointement avec la télégraphie de jour, il serait difficile que l'intervalle de vingt-quatre heures s'écoulât sans laisser quelques moments favorables au passage des signaux.

Ces considérations ont été si bien appréciées par toutes les personnes qui ont mis la main à l'administration des télégraphes, que pendant trente ans on a fait de continuels efforts pour arriver à créer la télégraphie nocturne. Les frères Chappe n'avaient jamais perdu de vue cet objet capital. Il résulte des recherches assidues auxquelles ils se livrèrent, que le problème de la télégraphie nocturne ne peut se résoudre que par ce moyen : éclairer pendant la nuit les branches du télégraphe ordinaire. Malheureusement les essais pour cet éclairage ont presque tous échoué, et il est aisé de le comprendre, car les conditions à remplir sont aussi nombreuses que difficiles. Il faut que le combustible employé donne une lumière assez intense pour que la distance des postes télégraphiques ne lui fasse rien perdre de son éclat (cette distance est en moyenne de trois lieues); il faut que, sans entretien et sans réparation, cet éclat reste invariable pendant toute la durée des nuits ; il faut que la flamme résiste à l'impé-

tuosité des vents et des courants atmosphériques qui balayent les hauteurs ; il faut enfin qu'elle suive sans vaciller les branches du télégraphe mises en mouvement par les manœuvres.

La plupart des combustibles essayés ont présenté chacun des inconvénients particuliers. Les graisses, les résines, la bougie, donnent peu de lumière et une fumée abondante qui masque et offusque les branches du télégraphe. Le gaz employé pour l'éclairage de nos rues donnerait une lumière d'une intensité convenable, mais il serait impossible de le distribuer à tous les postes télégraphiques. L'huile ne soutient pas la flamme : dans les mouvements de l'appareil, la lumière vacille et disparaît par intervalles. Le gaz détonant, c'est-à-dire le mélange explosif des gaz hydrogène et oxygène, fut essayé à l'époque où Napoléon armait le camp de Boulogne et préparait sa descente en Angleterre. Les expériences faites sur la côte de la Manche eurent les plus beaux résultats ; le volume de lumière était énorme ; au milieu de l'obscurité des nuits, le télégraphe brillait comme une étoile détachée des cieux ; mais le maniement de ce mélange explosif pouvait causer des accidents terribles : on renonça à en faire usage.

Plus récemment, M. le docteur Jules Guyot a montré que l'*hydrogène liquide*, combustible nouveau, brûlé dans des lampes de son invention, suffirait à toutes les exigences de la télégraphie nocturne. On trouva cependant que la pose de ces lampes serait peut-être, par les mauvais temps, très-difficile ou même impossible, et par suite de ce fâcheux système qui consiste à exiger qu'une découverte atteigne du premier coup à la perfection, le projet de M. Guyot, qui aurait pu offrir à l'État des ressources utiles, fut abandonné. Le problème de la télégraphie nocturne est loin cependant d'être insoluble. Il est résolu en Russie depuis plus de dix ans, puisque la ligne télégraphique de

Varsovie à Cronstadt, établie par M. Chatau, fonctionne de nuit aussi bien que de jour (1).

Toutefois, il faut le dire, les essais de télégraphie nocturne auraient été poursuivis avec plus de persévérance par les inventeurs, accueillis avec plus de faveur par le gouvernement et les chambres, si des conditions capitales et toutes nouvelles n'étaient venues apporter dans la question un élément d'une irrésistible influence. Pendant que la télégraphie aérienne cherchait péniblement à accomplir de nouveaux progrès, la télégraphie électrique avançait à pas de géant dans la carrière. Longtemps délaissée, elle grandissait tous les jours en puissance, et un jour vint où il

(1) Dans une brochure publiée en 1842, sous le titre de *Télégraphe de jour et de nuit*, M. Chatau donne les détails suivants sur la disposition qu'il a adoptée en Russie pour éclairer le télégraphe pendant la nuit.

« Mes lanternes et mes feux ne laissent rien à désirer. L'huile est le « seul combustible employé. Les réservoirs sont à l'abri des froids les « plus intenses. Les lampes sont à niveau constant, à mèche plate. « Le foyer lumineux ne craint ni la pluie, ni le vent le plus violent, ni « les mouvements les plus rapides du télégraphe. Ce foyer se maintient « à un degré d'éclat suffisant durant vingt heures, sans demander aucun « soin, pourvu qu'on emploie de l'huile bien épurée et de bonnes mèches. « Bien que la largeur des mèches ne soit que de 12 millimètres, tous les « signaux sont distingués à la distance de 30 kilomètres; ainsi on obtient « une très-bonne transmission à 12 kilomètres, la plus grande distance « qui doive exister sur une ligne télégraphique.

« Si une lanterne s'éteint, le stationnaire le sait à l'instant, et cette « lanterne est bientôt rallumée; mais un pareil accident est extrême- « ment rare avec mon télégraphe, et je doute qu'il arrive trois fois par « an sur une ligne de cent cinquante postes. Les lanternes portent un « signe qui indique le côté de Varsovie; chacune d'elles a, excepté aux « postes extrêmes, deux réverbères, deux réservoirs et deux foyers... « Si un verre se casse (ce qui arrive très-rarement), il faut quinze se- « condes pour enlever la porte dont le verre est cassé, et quinze secondes « pour mettre une nouvelle porte qui est toujours prête; mais les verres « sont à l'abri de tout accident, une fois que mes lanternes sont posées « au télégraphe. Quelle que soit la rapidité des mouvements du télé- « graphe, aucune lanterne ne peut s'ouvrir, ni se détacher, ni donner « contre un poteau. »

fallut sérieusement compter avec cette rivale à moitié vaincue et presque oubliée.

CHAPITRE V.

Découverte de l'électro-magnétisme. — Son application au jeu des télégraphes. — Télégraphes de Schilling et d'Alexander. — Découverte de l'aimantation temporaire du fer. — Télégraphe de M. Morse. — État actuel de la télégraphie électrique aux États-Unis.

Tous les essais entrepris avant les premières années de notre siècle pour appliquer l'électricité au jeu des télégraphes ne s'écartaient guère des conditions d'une belle utopie philosophique. L'électricité statique est un agent si capricieux, si difficile à manier, que l'on ne pouvait en espérer aucun avantage pour un service régulier et continu. La découverte de la pile faite en 1800 par Volta vint changer subitement la face de cette question. On sait que la pile électrique fournit une source constante d'électricité, électricité sans tension, c'est-à-dire qui n'a aucune tendance à abandonner ses conducteurs. Cet instrument offrit donc un moyen de faire agir le fluide électrique à travers un espace fort étendu sans déperdition pendant le trajet.

Mais, pour appliquer l'électricité fournie par la pile de Volta à la transmission des signaux, il fallait trouver un moyen de rendre sensible à distance la présence du fluide, en provoquant, à l'une des stations, une action mécanique, un mouvement quelconque. Parmi les phénomènes auxquels la pile de Volta donne naissance, celui qui attirait le plus l'attention, au début de cette grande découverte, c'était la décomposition de l'eau. Tel est le fait qui fut choisi comme moyen indicateur de la présence de l'électricité

dans le circuit. Le télégraphe électrique que le physicien Sœmmerring fit connaître en 1811, à l'Académie de Munich, était fondé sur la décomposition électro-chimique de l'eau. Cet appareil, fort remarquable pour l'époque, offrait les dispositions suivantes : à l'une des stations était établie une pile à colonnes qui constituait la source d'électricité. Cette pile servait à former trente-cinq circuits voltaïques, composés chacun d'un double fil, l'un pour l'aller, l'autre pour le retour du fluide. Sur tout le parcours, ces fils étaient isolés par une enveloppe de soie, et le faisceau résultant de leur ensemble était recouvert d'un vernis isolateur; tous ces fils pouvaient, de cette manière, être parcourus par le fluide sans s'influencer ni se troubler mutuellement. A l'autre station, ces trente-cinq circuits venaient se rendre chacun dans un petit vase plein d'eau distillée : ces différents vases étaient destinés à représenter les vingt-cinq lettres de l'alphabet allemand et les dix chiffres de la numération. Lorsque, à la station où se trouvait la pile, on faisait passer l'électricité dans l'un des circuits, l'eau se décomposait instantanément dans le vase correspondant placé à la station extrême, et l'on pouvait ainsi désigner à volonté et à travers toute distance les différentes lettres de l'alphabet.

Le projet de Sœmmerring eût présenté dans la pratique des difficultés considérables; cependant l'ingénieux physicien qui en avait conçu l'idée avait parfaitement saisi, dès cette époque, les avantages de la télégraphie électrique. Sœmmerring fait remarquer, dans son mémoire, que ce nouveau moyen de correspondance fonctionne de nuit aussi bien que de jour, et que les brouillards ni les nuages ne peuvent retarder son action. Il ajoute que le télégraphe électrique présente sur le télégraphe aérien une supériorité immense, puisqu'il permet d'exprimer les signaux avec une rapidité incalculable, qu'il fonctionne sans que rien

décèle au dehors le passage des signaux, qu'il n'exige la construction d'aucun édifice particulier, qu'il peut aboutir en tel lieu que l'on veut choisir, enfin qu'il rend superflu le langage compliqué et le vocabulaire secret de la télégraphie aérienne. Bien qu'il n'eût point déterminé la vitesse de transmission de l'électricité, Sœmmerring avait reconnu qu'une différence de deux mille pieds dans la longueur du conducteur n'apportait aucun retard appréciable à la décomposition de l'eau; il concluait de ce fait que l'action de son télégraphe pourrait s'étendre à une distance quelconque sans exiger de stations intermédiaires.

En énumérant les avantages du curieux instrument qu'il avait imaginé, le physicien de Munich montrait qu'il comprenait tout l'avenir de la télégraphie électrique. Seulement, l'appareil qu'il proposait offrait trop d'imperfection pour être adopté dans la pratique. Le fait de la décomposition de l'eau qu'il avait choisi comme l'indice de la présence du fluide, était insuffisant pour remplir un tel objet. Pour satisfaire aux conditions du problème de la télégraphie électrique, il fallait substituer au phénomène faible et obscur d'une action chimique un effet mécanique d'une certaine intensité.

Un intervalle assez long s'écoula avant que la science pût fournir les moyens de satisfaire à cette condition. Cependant ce dernier pas fut heureusement franchi par la découverte de l'électro-magnétisme. Œrstedt observa, en 1820, le fait fondamental qui sert de base à l'électro-magnétisme. Ce physicien reconnut qu'un courant voltaïque circulant autour d'une aiguille aimantée, agit à distance sur cette aiguille et la détourne de sa position naturelle. Si l'on fait circuler autour d'une aiguille aimantée un courant voltaïque, on voit aussitôt l'aiguille dévier brusquement, osciller pendant quelques instants et abandonner sa direction vers le nord. La possibilité d'appliquer ce fait remar-

quable à l'art télégraphique fut bien vite saisie par les physiciens. Voici, par exemple, ce qu'écrivait Ampère, le 2 octobre 1820, très-peu de temps après la découverte d'Œrstedt :

« D'après le succès de cette expérience, on pourrait, au moyen d'autant de fils conducteurs et d'aiguilles aimantées qu'il y a de lettres, et en plaçant chaque lettre sur une aiguille différente, établir, à l'aide d'une pile placée loin de ces aiguilles, et qu'on ferait communiquer alternativement par ses deux extrémités à celles de chaque fil conducteur, une sorte de télégraphe propre à écrire tous les détails qu'on pourrait transmettre, à travers quelques obstacles que ce soit, à la personne chargée d'observer les lettres placées sur les aiguilles. En établissant sur la pile un clavier dont les touches porteraient les mêmes lettres, et établiraient la communication par leur abaissement, ce moyen de correspondance pourrait avoir lieu avec assez de facilité, et n'exigerait que le temps nécessaire pour toucher d'un côté et lire de l'autre chaque lettre (1). »

Cependant les courants voltaïques produisent sur l'aiguille aimantée un si faible effet mécanique, qu'il fut à peu près impossible d'appliquer ce phénomène à l'usage de la télégraphie tant que l'on ne posséda pas le moyen d'augmenter l'intensité de cet effet. Tel est précisément le résultat qui fut obtenu par la découverte du *multiplicateur* ou *galvanomètre*. Le physicien Schweigger reconnut qu'un courant voltaïque circulaire agit par toutes ses parties pour diriger dans le même sens une aiguille aimantée qu'il enveloppe de toutes parts, de telle sorte que si l'on enroule sur lui-même le fil conducteur d'une pile, en l'isolant sur toute son étendue par une enveloppe de soie, et que l'on place l'aiguille aimantée au milieu de cet assemblage, on peut produire, avec cent tours par exemple, un effet cent fois plus grand qu'avec un fil d'un seul tour. Le galvanomètre de Schweigger permit donc d'augmenter l'intensité

(1) *Annales de chimie et de physique*, t. XV, p. 72.

de l'action magnétique d'un courant de manière à le rendre applicable aux usages de la télégraphie.

L'action d'un courant voltaïque s'exerçant, grâce à l'emploi du multiplicateur, sur une aiguille aimantée, ne tarda pas à être mise à profit pour la construction d'un télégraphe électrique. Le télégraphe de Schilling et celui d'Alexander, d'Édimbourg, étaient fondés sur ce principe.

En 1833, le baron Schilling, amateur distingué des sciences, fit à Saint-Pétersbourg plusieurs essais curieux avec un appareil magnéto-électrique. Cet appareil se composait de cinq fils de platine, isolés au moyen de la gomme laque, et contenus dans une corde de soie : ces fils unissaient les deux stations. A la station extrême, se trouvaient cinq aiguilles aimantées placées chacune au milieu d'un multiplicateur. A la station du départ était une espèce de clavier dont chaque touche, en rapport avec l'un des fils, servait à y diriger le courant, et à mettre ainsi en action l'aiguille magnétique correspondante située à la station extrême. Les dix mouvements formés par les cinq aiguilles magnétiques servaient à désigner les dix chiffres de la numération, lesquels, à l'aide d'un dictionnaire spécial, représentaient les divers signaux télégraphiques.

Schilling fit avec ce télégraphe plusieurs expériences sous les yeux de l'empereur de Russie ; mais la mort de ce savant, survenue quelque temps après, empêcha de continuer les essais sur une échelle plus étendue.

Le télégraphe d'Alexander, d'Édimbourg, qui ne fut exécuté d'une manière définitive qu'en 1837, se composait de trente fils de cuivre venant circuler, à la station extrême, autour de trente aiguilles magnétiques. Quand on frappait à la station du départ l'une des touches d'un clavier, semblable à celui d'un piano, le courant s'établissait dans le fil touché, l'aiguille correspondante était déviée aussitôt, et son mouvement déplaçait un écran qui découvrait la lettre

que l'on voulait désigner. On pouvait ainsi montrer à distance, à une personne placée au-devant de l'appareil, les différentes lettres qui composaient les mots d'une dépêche.

Tout le monde voit cependant que ces deux appareils présentaient un vice capital : c'était la nécessité d'employer un grand nombre de fils métalliques pour faire apparaître les lettres de l'alphabet. On pouvait bien difficilement songer à introduire dans la pratique une disposition si compliquée. Ainsi, le problème n'était pas encore entièrement résolu, et pour atteindre son point de perfection, la télégraphie électrique réclamait de nouvelles découvertes dans les propriétés de l'agent électrique : ces découvertes ne se firent pas attendre.

En 1820, Arago, répétant l'expérience d'Œrstedt, découvrit ce fait fondamental, bientôt étudié dans tous ses détails par Ampère, que l'électricité circulant autour d'une lame de fer doux, c'est-à-dire de fer parfaitement pur, communique à ce métal les propriétés de l'aimant. Arago reconnut que le fil conducteur d'une pile attire, quand l'électricité le parcourt, la limaille de fer, et peut transformer en aimants des aiguilles d'acier ou de petites barres de fer doux. D'après cela, si l'on enroule autour d'une lame de fer doux un long fil de cuivre, recouvert sur toute son étendue d'une enveloppe de soie, substance non conductrice de l'électricité, afin d'isoler les différentes parties du conducteur et d'empêcher l'électricité de passer de l'une des spires à l'autre, — et que dans ce fil on fasse passer un courant électrique, en mettant ces deux extrémités en communication avec une pile en activité, — aussitôt la lame de fer qui n'a, comme on le sait, aucune des propriétés de l'aimant, acquiert ces propriétés d'une manière instantanée : elle devient un aimant artificiel, et peut, comme l'aimant naturel, attirer un morceau de fer

placé à une certaine distance. Si l'on suspend le passage de l'électricité dans le fil entourant le fer doux, c'est-à-dire si l'on interrompt sa communication avec la pile, le fer perd aussitôt son aimantation, il revient à son état naturel, et le métal, un moment attiré, retombe aussitôt. Tel est l'important phénomène que l'on désigne en physique sous le nom d'*aimantation temporaire*. Ce qu'il y a de très-remarquable dans ce fait, c'est la prodigieuse rapidité avec laquelle le fer peut successivement recevoir et perdre l'aimantation. Aucun intervalle appréciable ne peut être saisi entre le moment où l'électricité s'introduit dans le conducteur et celui où commence l'aimantation du fer : la communication n'est pas plutôt établie entre le fil conducteur et la pile, que l'on voit se manifester l'attraction magnétique ; dès que la communication est suspendue, le fer revient à son premier état ; de telle sorte que, dans une seconde par exemple, on peut produire plusieurs fois, dans le fer, ces alternatives d'aimantation et d'état naturel.

Tous les appareils de télégraphie électrique qui fonctionnent aujourd'hui sont fondés sur ce grand fait de l'aimantation temporaire du fer par les courants électriques. Le lecteur va comprendre comment on peut se servir de ce phénomène pour produire, à travers toutes les distances, un effet mécanique, et résoudre ainsi le problème général de la télégraphie électrique.

Supposons qu'il s'agisse d'établir une communication électrique entre Paris et Rouen. Plaçons à Paris une pile voltaïque en activité, étendons jusqu'à Rouen le fil conducteur de la pile ; enroulons, à Rouen, l'extrémité de ce fil conducteur autour d'une lame de fer doux et ramenons le conducteur à la pile voltaïque située à Paris. Le fluide électrique, circulant autour de la lame de fer, l'aimantera, et si l'on place au-devant de cette lame, ainsi artificiellement aimantée, un disque de fer mobile, aussitôt ce

disque sera attiré et viendra se coller contre l'aimant. Maintenant, que l'on interrompe le courant électrique, en supprimant la communication du fil conducteur avec la pile, aussitôt la lame de fer doux revient à son état habituel, elle cesse d'être aimantée, elle n'attire plus le disque de fer. Or, si pour se porter vers l'aimant, la pièce de fer a eu à vaincre la résistance d'un petit ressort, comme on le voit dans la figure 1 : dès que le courant sera interrompu, le ressort R ramènera la pièce de fer mobile F à sa position primitive, car la puissance de l'électro-aimant A ne contre-balancera plus la tension du ressort. Ainsi, chaque fois que l'on établira et que l'on interrompra le courant, la pièce de fer sera portée en avant, puis repoussée en arrière ; par la seule action de la pile, on pourra exercer de Paris à Rouen une action mécanique qui donnera naissance à un mouvement de va-et-vient.

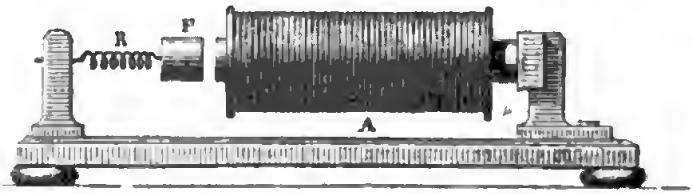


Fig. 1.

L'aimantation temporaire du fer par un courant électrique donne donc le moyen d'exercer, à travers l'espace, un mouvement d'attraction et de répulsion ; la pile de Volta permet, à toute distance, de mettre un levier en mouvement. Tel est le principe fondamental de la télégraphie électrique. En effet, ce mouvement de va-et-vient une fois produit, la mécanique fournit vingt moyens différents d'en tirer parti pour l'appliquer au jeu des télégraphes.

Rien de plus varié que les procédés que l'on a mis en œuvre pour utiliser cette action mécanique ; les nombreuses combinaisons imaginées pour l'application de

l'électricité à l'art des signaux ont donné naissance à autant de télégraphes particuliers qui, bien qu'identiques dans leur principe, diffèrent cependant beaucoup entre eux par les détails de leur mécanisme. Nous n'entreprendrons pas de décrire en particulier chacun de ces instruments. Les personnes que cette question intéresse trouveront la description des divers appareils de ce genre dans l'excellent ouvrage publié sur cette matière par M. Moigno (1). Il nous suffira d'exposer, selon l'ordre historique, la constitution des systèmes de télégraphie électrique établis successivement aux États-Unis, en Angleterre, en Allemagne et en France.

Le télégraphe électrique qui fonctionne aujourd'hui aux États-Unis a été imaginé et construit par M. Samuel Morse, professeur à l'université de New-York. M. Morse a été longtemps regardé comme le premier inventeur du télégraphe électrique ; cette gloire lui est cependant disputée aujourd'hui par de nombreux rivaux. On nous permettra de ne pas toucher ici à cette question de priorité débattue avec passion de part et d'autre. Il est bon, il est juste de rapporter à leur véritable auteur la gloire de ces découvertes immortelles qui changeront un jour les destinées de l'humanité ; mais quand une question de ce genre est obscure, complexe, hérissée de difficultés de tout genre, il est permis d'en suspendre l'examen. M. Wheatstone disait, en 1838, qu'il avait recueilli pour sa part les noms de soixante-deux prétendants à la découverte du télégraphe électrique. Jusqu'à plus ample informé, nous nous en tiendrons aux allégations de M. Morse, lui laissant toutefois la responsabilité de ses assertions.

M. Morse, qui prétend à l'honneur d'avoir le premier

(1) *Traité de télégraphie électrique*, par M. Moigno, 1852, 1 vol. in-8, 2e édition.

conçu l'idée de la télégraphie électrique, telle qu'elle est établie aujourd'hui, assure qu'il imagina son télégraphe le 19 octobre 1832. Il revenait de France aux États-Unis, à bord du paquebot *le Sully*. Dans une conversation avec les passagers, on parla d'une expérience de Franklin, qui avait vu l'électricité franchir, dans un instant inappréciable, la distance de deux lieues. Il lui vint aussitôt en pensée que si la présence du fluide pouvait être rendue visible dans une partie du circuit voltaïque, il ne serait pas difficile de construire un système de signaux par lesquels une dépêche serait transmise instantanément. Pendant les loisirs de la traversée, cette idée grandit dans son esprit ; elle devint fréquemment l'objet des conversations du bord. On opposait à M. Morse difficultés sur difficultés, il les surmontait toutes. Au terme du voyage, le problème pratique était résolu dans sa pensée. En quittant le paquebot, il s'approcha du capitaine William Pell, et lui prenant la main :

— Capitaine, dit-il, quand mon télégraphe sera devenu la merveille du monde, souvenez-vous que la découverte en a été faite à bord du *Sully*.

Une semaine après son retour, M. Morse s'occupa de soumettre à l'expérience son nouveau système de télégraphie. Cependant, en raison de difficultés aisées à concevoir, ce ne fut que cinq ans après qu'il put faire fonctionner ses appareils. Les premières expériences publiques qu'il exécuta, à l'invitation du Congrès des États-Unis, eurent lieu le 2 septembre 1837, sur une distance de quatre lieues, en présence d'une commission de l'Institut de Philadelphie et d'un comité pris dans le sein du Congrès. Sur les rapports favorables de ces deux commissions, le Congrès, par un acte passé le 3 mars 1843, accorda à M. Morse une somme de 30,000 dollars (150, 000 fr.) pour de nouvelles expériences sur une échelle plus étendue. C'est à la suite de ces derniers essais, dont les résultats furent sans répli-

que, que le système télégraphique de M. Morse fut établi tel qu'il existe aujourd'hui aux États-Unis (1).

Nous donnerons ici la description du télégraphe électrique américain.

Ce télégraphe est construit de manière à écrire lui-même les dépêches qu'il transmet : c'est un *télégraphe écrivant*. Les dispositions à l'aide desquelles M. Morse est parvenu à ce résultat se trouvent indiquées dans la figure ci-jointe.

A, A (*fig.* 2) représentent un électro-aimant double ; cha-

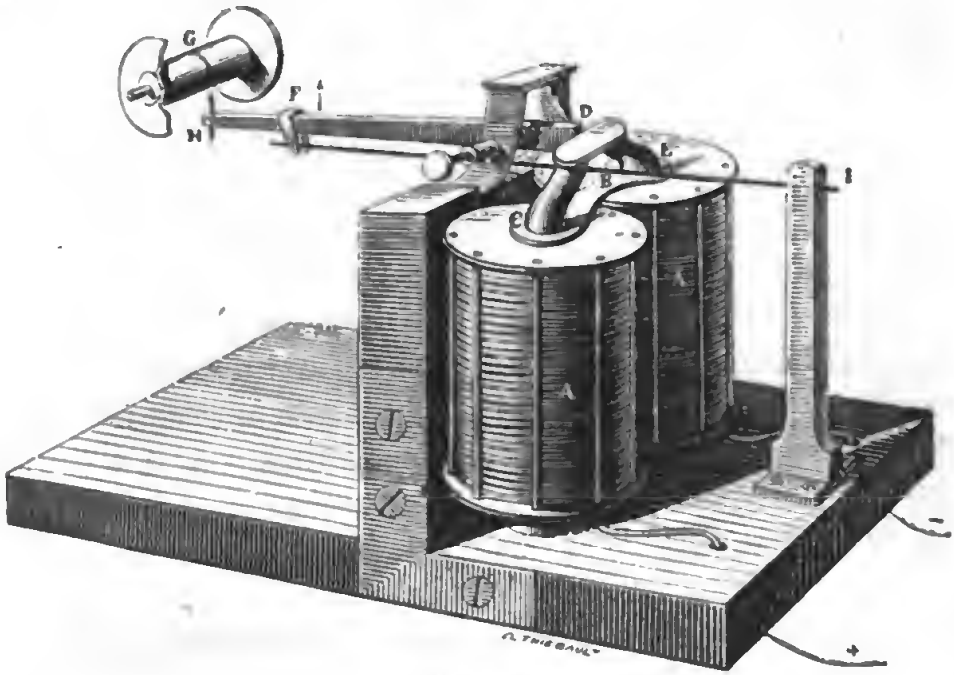


Fig. 2.

cun de ces deux électro-aimants se compose, comme on l'a dit plus haut, d'un long fil de cuivre recouvert de soie, en-

(1) Il importe de noter cependant que la première correspondance connue de télégraphie électrique a été établie, non en Amérique, mais en Europe. En juillet 1837, un physicien de Munich, M. Steinheil, établit une communication électrique entre son observatoire et un faubourg de Munich, sur une distance de plus d'une lieue. C'est ce qui résulte d'une note de M. Steinheil insérée dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*, du 10 septembre 1838.

roulé un grand nombre de fois autour d'une lame de fer doux, laquelle doit s'aimanter par l'action du courant voltaïque. Au-dessus et à une faible distance de l'aimant, se trouve placé un morceau de fer CDE offrant à peu près la forme d'un fer à cheval : c'est la lame de fer qui doit être attirée par l'électro-aimant quand l'électricité circulera dans le conducteur. A ce fer à cheval se trouve lié un levier métallique horizontal DFH. Quand l'électricité circule dans le fil, ce fer à cheval est instantanément attiré, et vient se mettre en contact avec la petite plate-forme métallique CBE, qui fait partie de l'électro-aimant. Par suite de cette attraction, le levier horizontal DH bascule autour du centre auquel il est fixé ; pendant que son extrémité D s'abaisse, son extrémité libre H s'élève. Or, au-dessus de ce levier, en regard et presque en contact avec une pointe H que l'on a garnie d'un crayon, se trouve disposée une bande de papier. Par suite de son mouvement d'élévation, sous l'influence de l'attraction magnétique, le crayon H vient donc se mettre en contact avec le papier, et peut y laisser une empreinte. Si l'on suspend le passage de l'électricité à travers les spires de l'électro-aimant, l'aimantation cesse, le fer à cheval CDE n'est plus attiré. Mais le levier DH, qui fait suite à l'électro-aimant, est muni à sa partie inférieure d'un long ressort d'acier FI, qui agit en sens contraire de l'électro-aimant et, par son élasticité, a pour effet d'abaisser le levier DH, et par conséquent de relever le fer à cheval CDE pour le ramener à sa position primitive, dès que l'influence électro-magnétique ne contre-balance plus sa propre traction. Ainsi, ces deux effets, d'une part l'attraction magnétique, d'autre part le ressort d'acier, s'exerçant chacun d'une manière alternative, ont pour résultat d'imprimer au crayon H un mouvement successif d'élévation ou d'abaissement, et de le mettre successivement en contact avec le ruban de papier qui entoure le rouleau G. Or, grâce à une

combinaison ingénieuse, le ruban de papier qui passe sur le rouleau G est une sorte de lanière continue qui, à l'aide de rouages d'horlogerie, marche sans interruption, et vient ainsi présenter à l'action du crayon les différentes parties de sa longueur. Par les contacts successifs du crayon avec ce ruban de papier mobile, on peut donc former sur le papier une série de points ou de signes.

Le mécanisme destiné à produire la marche continuelle du ruban de papier se trouve indiqué dans la figure 3, qui

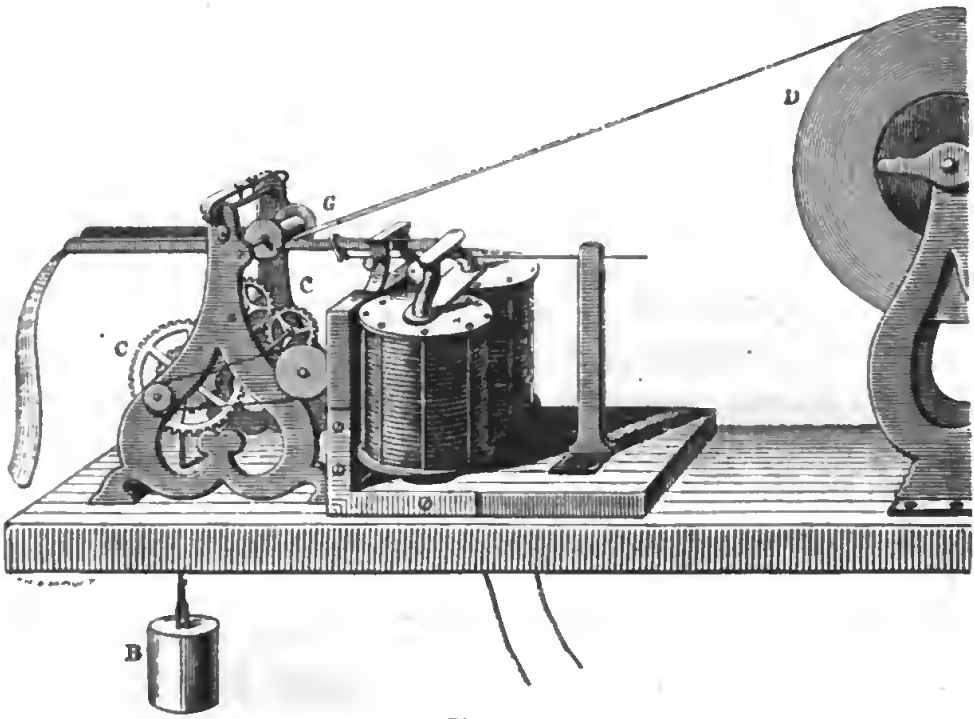


Fig 3.

représente dans son entier le télégraphe électro-magnétique américain. A est un cylindre de bois mobile autour de son centre. Sur ce cylindre se trouve enroulée toute une provision de papier D, coupée en ruban mince et continu et dont l'extrémité vient passer sur la poulie G. Le poids B met continuellement en action les rouages d'horlogerie C, C qui font tourner la poulie G et ont pour effet d'attirer et de

dérouler peu à peu le papier disposé autour du cylindre de bois A, de manière à faire marcher constamment ce papier autour de la poulie et au-devant du crayon.

On comprend maintenant comment le crayon du télégraphe peut imprimer une série de marques sur le papier quand le courant est successivement établi ou interrompu. Il reste à indiquer comment on peut à volonté provoquer ces alternatives du courant voltaïque, et produire ainsi les mouvements du crayon. Voici la disposition qui fut d'abord employée par M. Morse pour obtenir ce résultat.

La pile était placée à la station du départ, le télégraphe à la station opposée, le fil conducteur réunissait les deux stations. A la station du départ, le fil électrique était interrompu sur un point de son trajet à une petite distance de la pile, et ses deux extrémités disjointes venaient plonger dans une coupe pleine de mercure. Pour établir le courant voltaïque, il suffisait de plonger les deux extrémités disjointes du conducteur dans la coupe remplie de mercure, ce qui donnait une communication instantanée; pour interrompre le courant on retirait de la coupe les deux extrémités du fil.

Il est facile de comprendre que le courant voltaïque, établi ou interrompu par ce moyen, permet de tracer à distance des signes sur le papier mobile placé à la station extrême. En effet, quand on établit le courant, en plongeant dans la coupe de mercure les deux extrémités du fil conducteur, la pièce de fer, dans l'appareil télégraphique représenté page 57, est aussitôt aimantée; elle attire le levier CDE, et, par ce mouvement, le crayon, en s'élevant, vient porter sur le papier tournant; quand le circuit est interrompu, le magnétisme disparaît et le crayon s'éloigne du papier. Lorsque le circuit est ouvert et fermé rapidement, il se produit sur le papier de simple points; si, au contraire, il reste fermé pendant un certain temps,

la plume trace une ligne d'autant plus longue, que la durée du circuit a été plus prolongée ; enfin rien n'est tracé sur le papier tant que le courant est interrompu. Ces points, ces lignes et ces espaces blancs conduisent à une grande variété de combinaisons.

Les caractères télégraphiques adoptés par M. Morse, pour représenter les lettres de l'alphabet, sont les suivants :

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
·—	—···	—·—·	—··	·	··—·	——·	····	··	·———	—·—	·—··	——	—·

O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	ETC.
———	·——·	——·—	·—·	···	—	··—	···—	·——	—··—	—·——	——··	····

Cependant l'emploi de la coupe de mercure pour établir ou interrompre le courant électrique présentait dans la pratique certaines difficultés. M. Morse a remplacé cette partie de l'appareil par un instrument plus simple que nous représentons dans la figure 4. Il se compose d'une sorte de petite enclume métallique A, dont le bout inférieur placé au-dessous de la plate-forme BC est soudé au fil conducteur de la pile *a*, et d'une sorte de marteau métallique C,

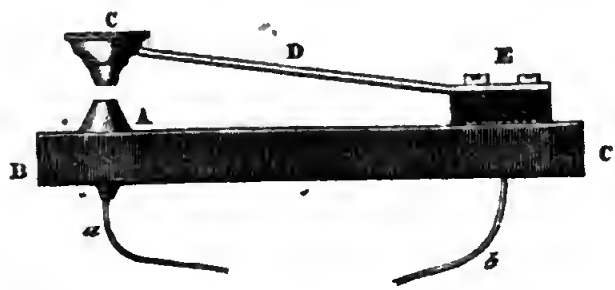


Fig. 4.

fixé à l'extrémité d'un ressort d'acier D, soudé lui-même au bloc métallique E ; le second fil de la pile *b*, qui sert à compléter le circuit, est soudé à ce dernier bloc métalli-

que. Lorsque le marteau repose sur l'enclume, le courant voltaïque est établi ; il est, au contraire, suspendu quand le marteau est séparé de l'enclume par l'action du ressort qui tend constamment à le soulever. Il suffit donc de toucher légèrement le marteau avec le doigt pour établir le courant, et de retirer le doigt pour l'interrompre. Ce petit instrument est aujourd'hui le seul employé comme *clef* du télégraphe, c'est-à-dire pour former, par l'établissement ou l'interruption du courant, la série de signes qui correspondent aux lettres de l'alphabet.

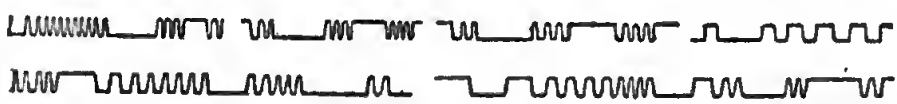
Dans le premier modèle du télégraphe américain, on se servait, pour tracer les signes sur le papier, d'un crayon de mine de plomb. Comme il fallait à chaque instant aiguiser ce crayon, on le remplaça par une plume à laquelle un réservoir fournissait constamment de l'encre. Cette plume donna d'assez bons résultats, mais l'écriture était confuse ; d'ailleurs si l'instrument s'arrêtait quelque temps, l'encre s'évaporait et laissait dans la plume un sédiment qu'il fallait retirer avant de la mettre de nouveau en activité. Ces difficultés forcèrent l'inventeur à chercher d'autres manières d'écrire. Après beaucoup d'expériences, il s'arrêta à l'emploi d'un levier d'acier à trois pointes, qui imprime sur le papier tournant des traces nettes et durables. Ces pointes métalliques laissent sur le papier, qui est très-épais, des marques qui ne le percent pas, mais qui s'y impriment en relief, comme les caractères à l'usage des aveugles (1).

(1) L'emploi du crayon serait préférable à celui des pointes d'acier, auxquelles M. Morse a été contraint d'avoir recours, par suite de la difficulté qu'il a éprouvée à faire retailler le crayon à mesure qu'il s'use par le travail. M. Froment a beaucoup mieux résolu cette difficulté. Il a construit un appareil de ce genre portant un crayon qui se taille lui-même en écrivant, parce qu'il tourne continuellement sur son axe, tout en exécutant ses mouvements ; ce frottement contre le papier use le crayon dans le sens convenable pour l'entretenir constamment taillé.

C'est au mois de mai 1844 que fut inaugurée, aux États-Unis, la première ligne télégraphique; elle était établie entre Washington et Baltimore, sur une longueur de seize lieues. Les nouvelles relatives à l'élection du président furent transmises avec tant de rapidité, que tout le monde fut dès ce moment convaincu des immenses avantages de ce nouveau moyen de communication. Tout aussitôt se formèrent plusieurs compagnies particulières pour doter le pays de cet inappréciable bienfait. La ligne de Washington à Baltimore fut bientôt prolongée jusqu'à Philadelphie et New-York, sur une étendue de cent lieues. En 1845, elle atteignait Boston, et formait la grande ligne du Nord, sur laquelle d'autres lignes vinrent plus tard s'embrancher.

Le réseau télégraphique embrasse aujourd'hui aux États-Unis un territoire immense; il relie le golfe du Mexique aux forêts du Canada. L'une des lignes télégraphiques partant de Burlington-Vermont, sur la frontière du Canada, traverse Boston, New-York et Washington, en passant par Baltimore et Philadelphie; elle parcourt la Virginie, la Caroline, la Géorgie, et descend par Richmond, Raleigh, Colombia, Augusta et Mobile jusque vers le golfe du Mexique, et jusqu'à l'embouchure du Mississipi, qu'elle atteint à la Nouvelle-Orléans. Une seconde ligne principale part de cette dernière ville et remonte les vallées du Mississipi et de l'Ohio jusqu'à Louisville. Quelques autres partent des côtes de l'Océan pour se diriger vers le centre du pays, en remontant vers les grands lacs qui le bornent au nord. La

Les signes formés par ce télégraphe présentent la forme suivante :



D'après le nombre de ces traits, on peut construire un alphabet en chiffres qui suffit à toutes les nécessités de la correspondance.

ligne de Burlington-Vermont présente une étendue considérable, en raison de la grande distance qui sépare les diverses villes qu'elle embrasse. Entre Burlington-Vermont et Boston, elle a 116 lieues à parcourir; entre Boston et New-York, 102 lieues; entre New-York et Washington, 137 lieues; entre Washington et Colombia, 205 lieues; entre Colombia et la Nouvelle-Orléans, 485 lieues. La ligne de la Nouvelle-Orléans à Louisville présente, y compris les embranchements, une étendue de 460 lieues.

Dans les divers États de l'Union américaine, la télégraphie électrique occupait au mois de juillet 1849, d'après un relevé officiel, une étendue totale de 11,051 milles ou 4,446 lieues de France.

Il résulte d'un rapport adressé en novembre 1852, par M. Jules Coutin, au ministre de l'intérieur à Paris, que la longueur totale des lignes de télégraphie électrique dans les États-Unis et le Canada, est de 19,000 kilomètres (4,750 lieues de France). Ce réseau met en communication environ 550 centres de population, grands ou petits.

On a dit, enfin, mais sans invoquer de relevés authentiques, qu'au commencement de 1854, le télégraphe électrique parcourait 41,392 milles (1,650 lieues) (1) dans les États-Unis.

Depuis l'année 1845, dans les États de l'Union américaine, le télégraphe électrique a été mis à la disposition du public. Au mois de décembre 1844, M. Morse écrivait au Congrès des États-Unis pour l'engager à s'emparer du télégraphe électrique dans un but d'intérêt général et comme source importante de revenu pour le trésor. Quelques mois après, le *Comité des routes*, dans un rapport au Congrès, concluait au monopole du télégraphe électrique par l'État, en le considérant comme une branche nouvelle du

(1) Le mille américain, comme le mille terrestre anglais est de 1 kilomètre 609,3 mètres.

post-office (poste aux lettres), et par suite, comme un cas prévu par la Constitution. Mais l'existence d'un tel monopole s'accordait mal avec les habitudes et les mœurs libérales de la république américaine. Le Congrès rejeta cette proposition, abandonnant à la concurrence industrielle l'exploitation du service général de la nouvelle télégraphie; le gouvernement se réservait seulement l'usage d'un ou de deux fils sur les lignes établies. Aussi la concurrence n'a-t-elle pas tardé à multiplier singulièrement le nombre des lignes et à perfectionner les appareils. Entre certaines villes, il existe quelquefois deux ou trois établissements rivaux pour l'exploitation de la correspondance électrique.

Par suite de ces faits, la télégraphie électrique a pris aux États-Unis un développement immense, et depuis plusieurs années, elle rend au commerce, à l'industrie, aux relations privées des citoyens, des services qui sont de tous les jours et de tous les instants. Grâce à cet agent merveilleux, les commerçants américains sont instantanément informés du départ et de l'arrivée des navires dans les ports de l'Océan, des mercuriales, du prix des cotons et des cafés dans les différentes villes du littoral et de l'intérieur. Les producteurs du pays qui expédient des blés, des cotons, des bestiaux et des fourrures, par les fleuves l'Ohio et le Mississipi, sont avertis, pendant tout le cours de cette longue navigation, des différentes particularités et des accidents qui peuvent signaler le voyage, des variations du temps pendant la traversée, et du moment précis de l'arrivée des bateaux. Les particuliers ont très-fréquemment recours au télégraphe électrique; cet instrument est pour eux une seconde poste aux lettres qui, souvent, n'est guère moins occupée que son aînée. Aussi la plupart des lignes télégraphiques, surtout dans les villes importantes, telles que New-York, Boston et Washington, sont-elles presque toujours employées au service public. Il faut souvent attendre

plusieurs heures son tour de transmission, et il arrive quelquefois que les bureaux doivent rester ouverts une partie de la nuit. Les journaux américains, si nombreux et si utilement remplis, donnent chaque jour un grand nombre de renseignements arrivés par la même voie. Il est même assez remarquable que, grâce au télégraphe électrique, les nouvelles d'Europe sont connues à New-York deux jours avant l'arrivée du bateau-poste d'Europe, et voici comment : en arrivant en Amérique, le paquebot touche à Halifax; là, on fait rapidement un résumé des nouvelles qu'il apporte, et ce résumé, immédiatement transmis à New-York par le télégraphe électrique, arrive par conséquent dans cette dernière ville avant le paquebot lui-même, qui doit employer deux jours pour cette dernière traversée.

Le rapport de M. Jules Coutin, dont nous avons parlé plus haut, renferme des détails intéressants que nous allons rapporter, concernant l'organisation et le service de la télégraphie électrique aux États-Unis.

Aux États-Unis, le télégraphe électrique n'est ni la propriété de l'État, comme en France et dans les principaux pays de l'Allemagne, ni l'objet d'un monopole concédé à une compagnie unique, comme en Angleterre. La transmission des dépêches par l'électricité est une industrie particulière, exploitée par des compagnies nombreuses, qui ne relèvent en rien, pour leur administration, du gouvernement central ou de celui des États, et qui, dans beaucoup de parties de l'Union américaine, peuvent se former sans aucune sanction de l'autorité publique. Tout citoyen, toute réunion de citoyens a le droit d'établir, d'un point à un autre, dans certains États, une communication électrique, à la seule condition de se soumettre aux lois et ordonnances pour l'établissement des fils dans les villes, sur les routes, sur les chemins de fer, sur les monuments publics, et dans les propriétés particulières. La constitution politique

et sociale du pays permet à cet égard une entière liberté.

Nulle part, si l'on en excepte la Suisse, l'usage du télégraphe électrique n'est entré dans les habitudes du peuple comme aux États-Unis. L'activité du commerce, la vaste étendue du territoire, les grandes distances qui séparent les centres de population, et le besoin de travailler rapidement, qui forme un des traits distinctifs du caractère de l'Américain du Nord, ont puissamment contribué au développement de la télégraphie électrique dans cette partie du Nouveau-Monde. Toutes les villes importantes sont aujourd'hui reliées par un fil télégraphique, et bien plus, on trouve souvent entre deux villes plusieurs lignes de télégraphie qui se font une concurrence très-vive.

Les lignes de télégraphie électrique sont loin d'être construites en Amérique avec le soin qu'on y apporte en France et en Allemagne. Pour les télégraphes électriques comme pour les chemins de fer, on se préoccupe de créer rapidement plutôt que de bien faire. Les poteaux qui servent à soutenir les fils élevés dans l'espace, ne sont pas, comme ceux des lignes européennes, de bonnes et solides branches de sapin, bien sèches et injectées de sels, qui en assurent la conservation. Ce sont tout simplement de jeunes arbres à peine dégrossis. Dans les villes, ces poteaux sont très-élevés et très-solides; fixés sur les bords des trottoirs, ils supportent de 12 à 15 fils. Hors des villes, le télégraphe est placé le long des chemins de fer, sur le bord des routes, des canaux ou des rivières. Aucune difficulté ne retarde, aucun obstacle n'arrête dans leur installation. S'il se rencontre d'immenses forêts où l'homme n'ait jamais pénétré, on n'hésite pas devant cet obstacle : le surveillant du télégraphe sera peut-être la seule créature humaine qui traversera ces déserts. On fixe contre le tronc des arbres de longs clous à tête recourbée, et l'on y attache un goulot de verre qui livre passage au fil. Tel est, dans les forêts d'A-

mérique, le système économique de suspension et d'isolement du fil de télégraphe. Aussi résulte-t-il de cette disposition, par trop simple, de fréquentes interruptions dans les communications. Des accidents nombreux, tels que la chute des arbres pourris, des orages, des ouragans, la présence de la séve dans l'arbre qui établit une conductibilité vers le sol, occasionnent très-souvent la rupture des communications télégraphiques.

Des brigades d'hommes sont chargées de la surveillance des fils et poteaux ; ils parcourent sans cesse la ligne, munis des outils nécessaires pour les réparations. Dans les pays où la population est un peu compacte, ces cantonniers sont placés à d'assez grandes distances, par exemple, à 50, 100 et quelquefois 150 kilomètres les uns des autres. Mais sur les lignes qui traversent les épaisses forêts du sud, il a été reconnu indispensable de ne pas les séparer de plus de 30 à 40 kilomètres.

Le système d'appareils de télégraphie électrique est loin d'être uniforme aux États-Unis. Aucune loi n'exigeant l'observation de certaines règles ou conditions, chaque compagnie construit ses appareils selon ses ressources ou ses besoins. Il est assez difficile, en conséquence, de donner une moyenne exacte des frais de construction par kilomètre. Cependant, on fixe généralement cette moyenne, pour une ligne dans les conditions ordinaires, à 200 dollars par mille, soit 621 francs par kilomètre.

Trois systèmes de télégraphes électriques brevetés fonctionnent sur les diverses lignes des États-Unis : le système Morse, qui est aujourd'hui si généralement répandu en Europe, celui d'Alexandre Bain et celui de House.

Sur presque toutes les lignes on se sert des appareils de M. Morse, qui retire des sommes énormes de l'exploitation de son brevet : la moitié des dividendes de la compagnie lui est dévolue.

Le télégraphe de M. Bain, c'est-à-dire le télégraphe qui imprime les dépêches en caractères colorés sur une feuille de papier revêtue d'une préparation chimique, est assez fréquemment employé aux États-Unis. Il imprime les dépêches au moyen d'une pointe de fer qui se meut sur un papier imbibé de cyanure jaune de potassium. Lorsque le courant passe, le fer est attaqué chimiquement au contact du cyanure, et laisse sur le papier une trace de bleu de Prusse. Dans ce système, la transmission de la dépêche se fait avec une très-grande rapidité; mais la composition préalable que l'on est obligé de faire de cette dépêche à la station opposée, demande un temps assez long. Le télégraphe imprimant est employé par plusieurs compagnies dont le réseau forme environ 2,500 kilomètres. Il est aussi d'un beau revenu pour l'inventeur.

L'appareil de House marque des lettres ordinaires d'imprimerie sur une bande de papier, de telle sorte que l'on envoie au destinataire la dépêche tracée par l'appareil lui-même, sans aucune transcription. L'inventeur a vendu à une compagnie le droit d'exploiter son brevet, pris en 1846. Cet appareil, plus compliqué que les autres, et peut-être un peu moins rapide, est employé sur trois lignes : sur celle de New-York à Philadelphie, sur celle de Boston et sur celle de Buffalo.

Les trois systèmes Morse, Bain et House, se font concurrence sur un grand nombre de lignes. Ils existent tous les trois sur celle de New-York à Buffalo, une des plus importantes des États-Unis.

Donnons maintenant quelques détails sur l'organisation du service pour l'exploitation de la télégraphie électrique en Amérique.

Les dépenses d'administration et d'exploitation en général, sont restreintes autant que possible. Les compagnies, n'étant que des entreprises industrielles, conduisent

leurs affaires commercialement. Mais sur les lignes de grandes distances, on administre avec une économie mal entendue, qui nuit souvent à la promptitude et à la régularité du service. Une ligne de grande distance étant toujours la propriété de plusieurs compagnies, il en résulte, à chaque point où la dépêche est retranscrite pour être réexpédiée par une autre, de fâcheux retards, qu'il est impossible d'éviter par aucun moyen. La durée ordinaire du temps nécessaire pour envoyer de New-York à la Nouvelle-Orléans une dépêche et pour en recevoir la réponse, est de deux jours : la distance aller et retour par les fils, est de 6,300 kilomètres environ (1,575 lieues). C'est que les lignes, rarement en bon état, traversent d'immenses forêts, et que de nombreuses transcriptions sont nécessaires. Les longues lignes laissent donc beaucoup à désirer sous le rapport de la régularité, mais celles qui sont entre les mains d'une seule compagnie sont généralement bien servies.

Outre les retards qui proviennent de l'étendue des lignes et de l'imperfection de leur établissement, une des causes qui produisent les plus nombreuses interruptions dans le service des télégraphes électriques aux États-Unis, est la fréquence des orages. Plusieurs compagnies ont cru trouver un moyen de remédier à cet inconvénient, en posant sur le sommet de chaque poteau un morceau de fil fer taillé en pointe, de 15 à 20 centimètres de haut, et mis en communication avec le sol. C'est le même appareil qui sert en Angleterre pour le même objet, et qui se trouve placé également sur le sommet de chaque poteau.

Le personnel chargé de la transmission des dépêches est toujours très-restreint en Amérique. Chaque station emploie en moyenne quatre jeunes gens, stationnaires ou commis, dans les bureaux où règne une grande activité. Dans les provinces et les petites villes, une ou deux per-

sonnes suffisent. Quelques compagnies ont un directeur qui a le contrôle immédiat de toutes les affaires de l'administration.

Les bureaux des télégraphes sont ouverts, pendant la semaine de sept heures du matin à dix heures du soir ; le dimanche, de neuf heures à dix heures le matin, de deux à trois et de sept à neuf le soir. Toute personne qui le demande, peut néanmoins, pendant la semaine, expédier une dépêche en dehors des heures ordinaires de travail, à la charge par elle de payer par heure 2 francs 50 c. pour chaque stationnaire ainsi occupé, ou 5 francs par bureau. Les journaux attendant des nouvelles intéressantes de quelque point du territoire usent fréquemment de cette faculté.

Les dépêches sont transmises toutes d'après leur ordre d'inscription. Cependant, quelques messages d'une nature urgente ont droit à une expédition plus rapide et prennent un tour de faveur. Telles sont, par exemple, les dépêches du gouvernement ou de la justice, celles pour la découverte des criminels, les nouvelles de mort ou de maladie, etc., enfin les communications très-importantes qui intéressent la presse. La personne qui envoie un message peut le transmettre en langue anglaise ou en chiffres secrets. Contrairement à ce qui existe en France sous ce rapport, le public jouit de la plus grande liberté quant au contenu de la dépêche ; beaucoup de messages sont écrits en langues étrangères, en français, espagnol, allemand, etc. Les dépêches secrètes deviennent de jour en jour plus fréquentes, car le commerce y croit trouver un puissant moyen de spéculation.

L'expédition à domicile des dépêches se fait ordinairement avec rapidité, économie et fidélité. Cette expédition est à la charge des compagnies de télégraphie, excepté pour la ville de New-York. Dans cette ville, à chacun des

douze bureaux de télégraphe sont attachés cinq jeunes garçons, en tout soixante, qui sont chargés de la distribution des dépêches. La ville a été partagée par toutes les compagnies en deux zones : le quartier commerçant et industriel, et le quartier non commerçant où se trouvent presque toutes les habitations particulières. Un tarif a été fixé pour chacune de ces zones. Pour le quartier commerçant, le prix est de 0,75 c. ; dans les faubourgs, 1 fr. 25 c. Chaque porteur est muni d'un registre, sur lequel la personne qui reçoit la dépêche inscrit son nom, son adresse et l'heure de la réception. Ces livres sont toujours à la disposition de ceux qui voudraient les consulter. L'enveloppe de la dépêche porte le nom du destinataire, son adresse ; et en tête de la dépêche, dans l'intérieur, est mentionnée l'heure de la transcription au point de départ et celle de la réception au bureau d'arrivée.

Une exception aux prix mentionnés dans le tarif ordinaire, est faite aux États-Unis en faveur de la presse. Une publicité commerciale et politique aussi grande et aussi prompte que possible, est un besoin que le peuple américain a toujours placé en première ligne. Les journaux, aux États-Unis, sont en effet plus nombreux qu'en aucun pays du monde, et ils sont, en général, mieux informés, et à moins de frais, que ne le sont les journaux anglais.

Pendant les premières années qui suivirent l'apparition du télégraphe électrique, les communications pour la presse étaient rares, les dépêches courtes, rédigées souvent d'une manière obscure par les correspondants, et dans tous les cas très-coûteuses. C'est seulement à dater de 1847, à l'occasion de la guerre du Mexique, que les relations devinrent plus fréquentes entre les journaux et les télégraphes. Comme le public était vivement intéressé à recevoir promptement les nouvelles, chaque feuille importante avait des correspondants sur le théâtre de la

guerre, et des estafettes sur les lacunes des télégraphes. Tous les journaux rivalisèrent de rapidité et d'exactitude. Mais le système qui fut employé alors était trop dispendieux ; il a été remplacé par un autre plus simple, plus sûr et plus économique.

Aujourd'hui, dans presque toutes les grandes villes de l'Union, les journaux ont formé une association pour leur correspondance électrique. Cette association est entretenue par un fonds commun, auquel tous les journaux contribuent par portions égales. Un directeur, mis à la tête de ce service, est chargé de recueillir, par la voie la plus prompte et au moyen d'agents à lui, les nouvelles de tous les points du globe. Ces nouvelles, dès qu'elles sont parvenues au bureau, sont expédiées sans appréciation à chaque feuille en même temps. Les six journaux les plus importants de New-York ont été les premiers à fonder une association de ce genre (1). Les dépenses de cette association se sont élevées en 1851 à 150,000 francs, soit 25,000 francs pour chaque feuille.

Nous terminerons cette revue par l'examen des rapports de la télégraphie électrique avec les chemins de fer.

Les chemins de fer aux États-Unis étant encore, à très-peu d'exceptions près, tous à simple voie, le télégraphe électrique semble devoir être pour eux un complément indispensable. Il y a généralement sur chaque ligne de fer une ligne de télégraphie ; mais le chemin de fer n'ayant, par économie, aucun fil, aucun poste, aucun personnel à lui, ne retire du télégraphe que fort peu de services.

En Angleterre et en France, les compagnies de chemins de fer qui ont des fils électriques à leur disposition, sont immédiatement informées, dans leurs centres principaux, des moindres événements qui se passent sur leurs lignes.

(1) Nous n'avons pas besoin de faire remarquer que des associations analogues existent maintenant en France.

Il en résulte pour l'exploitation une grande sécurité, et dans certaines branches de service une économie notable. Mais, à cet effet, les compagnies ont des bureaux de télégraphe, un personnel spécial dans leurs gares principales et de petits postes dans leurs stations secondaires. D'ordinaire, les chefs et employés de ces stations secondaires sont, en même temps, agents du télégraphe électrique pour la compagnie. Aux États-Unis, au contraire, les chemins de fer n'ont ni postes ni fils télégraphiques dont ils aient la propriété et l'usage exclusifs. Quand les besoins de l'exploitation d'un chemin de fer exigent la transmission de quelque dépêche, l'agent de la compagnie transporte son message à la station du télégraphe; dans les cas véritablement urgents, il prend un tour de priorité sur ceux du public, et n'est soumis à aucune taxe. Ces faveurs sont accordées en retour de la permission donnée à la compagnie du télégraphe de poser ses poteaux sur la ligne de fer. Cet état de choses ne permet pas, on le voit, aux administrations de chemins de fer d'user du télégraphe pour ces mille dépêches de service qui facilitent tant l'exploitation des chemins de fer dans les diverses parties de l'Europe où presque chaque ligne de chemin de fer est, en même temps, pourvue d'un fil de télégraphie électrique.

On voit, en résumé, que si les États-Unis ont aujourd'hui un réseau télégraphique important par son étendue, il leur reste pourtant beaucoup à faire encore pour la régularité, pour l'utilité de son exploitation. Mais il est un fait qui frappe l'attention quand on considère la télégraphie américaine : c'est une incessante recherche de procédés nouveaux. Les administrations ne reculent pas devant une expérimentation continuelle d'instruments et d'appareils nouvellement inventés. La rivalité des lignes, le besoin d'économie, et quelquefois aussi le désir, peu louable, d'éluder des brevets très-coûteux à acheter, entretiennent cet

esprit d'innovation qui ne peut manquer de produire les meilleurs résultats pour le perfectionnement d'un système de correspondance devenu aujourd'hui l'auxiliaire obligé et indispensable de la civilisation.

La faible élévation des prix du tarif américain pour transmission des dépêches électriques peut expliquer en partie la rapide extension de ce procédé de communication, et l'usage fréquent qu'en font les particuliers.

Le prix moyen d'une dépêche n'est que la moitié du tarif français, et le tiers environ du tarif anglais.

CHAPITRE VI.

La télégraphie électrique en Angleterre. — Télégraphe électrique à cinq aiguilles, de M. Wheatstone, pour le service des chemins de fer. — Télégraphe à cadran de M. Wheatstone, pour la correspondance générale. — Nouveau télégraphe à aiguilles. — État actuel de la télégraphie électrique en Angleterre.

La plupart des lignes de télégraphie électrique qui fonctionnent aujourd'hui sur les chemins de fer anglais ont été créées par M. Wheatstone, dont le nom mérite une place à part dans l'histoire de la grande invention qui nous occupe. S'il n'est pas prouvé que M. Wheatstone ait le premier conçu l'idée de la télégraphie électro-magnétique, on ne peut lui contester l'honneur d'avoir le premier rattaché deux villes entre elles par un lien de correspondance électrique.

M. Wheatstone, l'un des physiciens les plus distingués de notre temps, fut conduit à l'invention de ses appareils télégraphiques par les expériences qu'il fit, en 1834, sur la vitesse de transmission de l'électricité. Il s'assura que cette vitesse est de 333,800 kilomètres par seconde, ou, si l'on

veut, que l'électricité pourrait faire, dans l'espace d'une seconde, huit fois le tour du globe (1). Pour exécuter ces expériences, M. Wheatstone avait employé des fils de plusieurs lieues. Les effets produits à d'aussi grandes distances lui prouvèrent que les communications télégraphiques par l'électricité étaient non-seulement possibles, mais très-praticables. Il se mit donc à rechercher les appareils les plus convenables pour réaliser ce projet, et il arriva bientôt aux résultats les plus satisfaisants.

Le premier télégraphe construit par M. Wheatstone fut établi, en 1838, sur une partie du chemin de fer de Londres à Liverpool. Fondé, comme les télégraphes d'Alexander et de Schilling, sur le principe de la déviation de l'aiguille aimantée par le courant voltaïque, il se composait de cinq fils qui servaient à faire apparaître instantanément les diverses lettres de l'alphabet.

Cependant ce télégraphe ne représentait guère que l'enfance de l'art. L'emploi de cinq conducteurs était une source de complications dans le jeu de l'appareil et d'augmentation de dépenses pour son établissement; suffisant pour les besoins du service d'un chemin de fer, il n'était point applicable à un service étendu de communications quotidiennes. C'est, en effet, pour l'usage des chemins de fer que M. Wheatstone avait construit cet instrument, qui resta en usage, depuis l'année 1838 jusqu'à l'année 1846, sur les railways du Great-Western, de Blackwall, de Manchester à Leeds, d'Édimbourg à Glasgow, de Norwick à Yarmouth et de Dublin à Kingstown.

Les résultats avantageux obtenus, avec les appareils de M. Wheatstone, sur les chemins de fer du Great-Western et de Blackwall, décidèrent la rapide extension que la télégraphie électrique ne tarda pas à prendre en Angleterre.

(1) Des expériences récentes ont conduit à élever le chiffre donné par M. Wheatstone pour représenter la vitesse de la lumière.

Pendant l'année 1846, il se forma à Londres, sous le nom de *Compagnie du télégraphe électrique*, une compagnie puissante qui se proposait d'étendre ce genre de communications à toutes les villes importantes de l'Angleterre et de l'Écosse. Le système adopté sur la plupart de ces lignes fut le *télégraphe à cadran* que M. Wheatstone avait imaginé en 1841. Ce système, étant un peu compliqué, a besoin d'être décrit avec soin.

Le télégraphe américain dont nous avons donné la description plus haut, est un *télégraphe écrivant*, c'est-à-dire qui transcrit lui-même sur un ruban de papier les dépêches qu'il expédie. Le télégraphe à cadran est fondé sur une combinaison toute différente. Indiquons d'abord le principe général sur lequel repose son mécanisme.

Aux deux extrémités de la ligne télégraphique sont installés deux cadrans circulaires parfaitement semblables, et qui portent inscrits sur leur circonférence les vingt-quatre lettres de l'alphabet et les dix chiffres de la numération. Ces deux cadrans communiquent entre eux par le fil conducteur de la pile. A l'aide de dispositions mécaniques que nous décrirons plus loin, chacune des lettres du cadran placé à la station d'arrivée peut, par l'action du torrent voltaïque établi ou interrompu, apparaître au-devant d'une sorte de fenêtre. Les deux cadrans sont liés entre eux de telle manière, que les mouvements qui s'exécutent sur l'un sont répétés exactement et au même instant par l'autre. D'après cela, si l'on fait passer l'électricité fournie par la pile dans le conducteur qui relie les deux cadrans, et qu'à la station d'où partent les dépêches on amène successivement les diverses lettres de l'alphabet devant un point d'arrêt qui existe sur le cadran indicateur, les mêmes lettres apparaîtront instantanément à la fenêtre du cadran de la station extrême.

Quelles sont les dispositions mécaniques qui permettent

de faire reproduire, sur le cadran de l'une des deux stations, les divers mouvements que l'on imprime au cadran de l'autre station? C'est ce que nous allons exposer en donnant la description complète de l'instrument.

La figure 5 fera saisir facilement les principes sur lesquels repose la construction du télégraphe à cadran. A, A représentent un électro-aimant double, formé de deux cylindres de fer doux parcourus, suivant le procédé ordinaire, par un long fil de cuivre qui donne passage au courant. Ces deux cylindres ont une longueur d'environ deux pouces et un demi-pouce de diamètre; le fil de cuivre qui les entoure est long de 25 à 30 mètres; les extrémités *a*, *b* de ce fil communiquent avec les conducteurs de la ligne télégraphique. La pile voltaïque qui donne naissance au courant et que l'on n'a pas représentée sur la figure, est nécessairement placée sur leur trajet. Quand le courant électrique vient circuler autour des deux cylindres, il les transforme en aimants artificiels, et, par l'effet de l'attraction magnétique, le disque de fer B, placé à quelque distance au-dessus d'eux, est instantanément attiré; lorsque le courant voltaïque est interrompu, l'attraction magnétique cesse, et le disque B est ramené à sa position primitive par l'action d'un ressort d'acier C, qui le relève dès que sa pression n'est plus contre-balancée par l'attraction magnétique. Ainsi, en établissant et rompant alternativement le circuit voltaïque, on peut imprimer au disque B un mouvement de va-et-vient dans le sens vertical. Ce mouvement vertical, on le transforme en mouvement circulaire

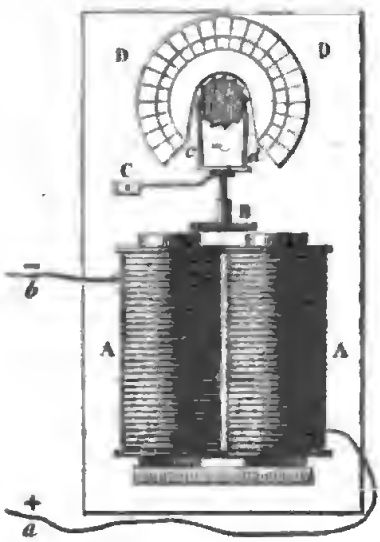


Fig. 5.

à l'aide de la disposition très-simple que l'on voit représentée sur la figure. Le disque de fer B est muni de deux petites tiges montantes, *c, d,* dont les extrémités sont en contact avec les dents d'une petite roue à rochet *e*. Quand le disque s'abaisse, la tige *c* tire la dent à laquelle elle est fixée ; quand il se relève, la tige *d* pousse une autre dent : il résulte de ce double mouvement que la roue *e* tourne d'un pas toutes les fois que l'attraction et la répulsion magnétiques sont établies ou suspendues. Or, un disque de papier DD, recouvert d'un cadran portant différentes lettres, est fixé sur cette roue et la suit dans ses mouvements ; par conséquent, ce disque de papier ou ce cadran tourne autour de ce centre par l'effet de l'attraction et de la répulsion magnétiques ; il avance d'un pas à chacun de ces doubles mouvements. Sur la circonférence de ce cadran, on a inscrit les vingt-quatre lettres de l'alphabet ou différents autres signes, en nombre double du nombre des dents de la roue d'échappement ; enfin une plaque de cuivre qui ne peut être représentée sur la figure qui précède, est placée au-devant du cadran et porte seulement une petite ouverture qui ne permet d'apercevoir à la fois qu'un seul des caractères qui viennent successivement apparaître à cette sorte de fenêtre. En établissant ou suspendant le courant voltaïque un nombre suffisant de fois, on peut donc amener à volonté chacune des lettres devant cette ouverture, de manière à les montrer à un employé placé en station devant l'instrument, et chargé de lire les différentes lettres composant la dépêche, à mesure qu'elles apparaissent à la fenêtre du cadran. La partie du télégraphe à cadran que nous venons de décrire porte le nom d'*indicateur ;* elle est placée à la station extrême où les dépêches sont reçues. La seconde partie de cet appareil, désignée sous le nom de *communicateur*, est placée à la station du départ ; elle est destinée à faire mouvoir à distance les lettres de l'indicateur.

Voici (*fig.* 6) la disposition mécanique du *communicateur :*

A est un disque de bois mobile autour de son axe, sur

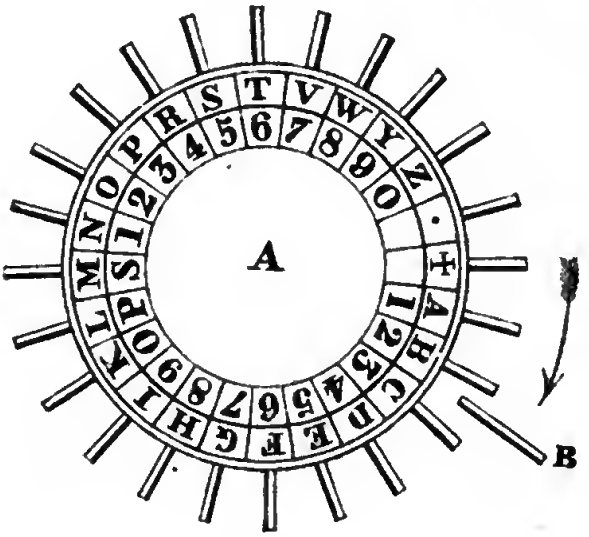


Fig. 6.

lequel on a gravé, entre deux cercles concentriques, deux rangées de lettres et de chiffres. Autour de sa circonférence, on a planté une série de petites tiges de bois placées en face de chaque lettre; en saisissant une de ces tiges saillantes, on peut faire tourner le disque A de manière à amener une lettre quelconque du cadran en face d'une pièce fixe ou arrêt B. Mais comment peut-on faire répéter à la station extrême, par le cadran indicateur, la lettre amenée au-devant du point d'arrêt B sur le *communicateur ?* La figure 7, qui représente une coupe, dans le sens vertical, du communicateur, dont la figure précédente représentait l'élévation, va le faire comprendre.

Au-dessous du disque tournant A et lui servant de support, se trouve un cylindre métallique BB, mobile autour de son centre, lequel, à l'aide de la tige métallique *a*, établit la communication avec le fil conducteur du télégraphe. Ce cylindre métallique est pourvu, sur sa circonférence,

d'un certain nombre de petites bandes de bois ou d'ivoire, corps qui ne conduisent pas l'électricité. Ces bandes sont en *nombre exactement correspondant à celui des lettres du cadran*. Ce cylindre est donc formé mi-partie de substances conductrices, et mi-partie de substances non conductrices de l'électricité. Or, une sorte de ressort métallique *b* au-

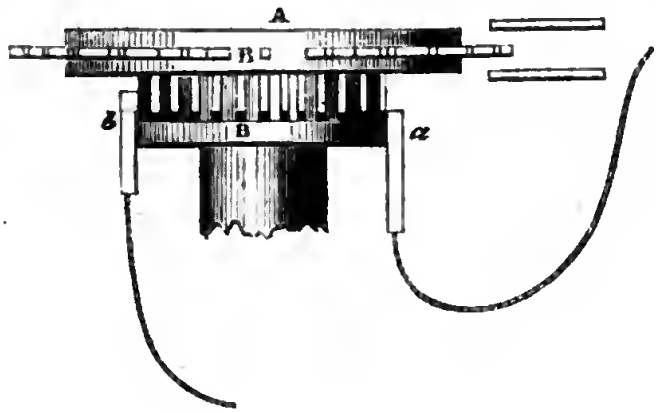


Fig. 7.

quel est attaché, par son extrémité inférieure, le second fil conducteur de la pile, se trouve en contact immédiat avec ce cylindre formé de substances alternativement conductrices et non conductrices. Quand on fait tourner le disque, le courant voltaïque doit donc être établi, puis interrompu à chacun des contacts du ressort métallique *b* avec les différentes bandes conductrices et non conductrices. Toutes les fois, par exemple, que le ressort *b* touche une des portions métalliques du cylindre, le courant électrique s'établit dans l'appareil, puisque le circuit est alors tout entier formé de substances conductrices de l'électricité; lorsque, au contraire, ce ressort est en contact avec l'ivoire, le courant électrique s'interrompt. Le circuit voltaïque est donc alternativement établi ou suspendu, selon qu'il passe devant le ressort *b* une bande de métal ou une bande d'ivoire. Or, et c'est là le point important à remarquer pour

l'intelligence de l'instrument, les bandes conductrices et les non-conductrices sont exactement, comme nous l'avons déjà fait observer, en même nombre que les lettres du cadran ; il en résulte qu'à chaque lettre qui passe devant le ressort *b*, le courant voltaïque est établi ou suspendu. Mais on se rappelle que, d'après la disposition de l'*indicateur* représenté sur la figure de la page 78, à chacune des interruptions et des rétablissements successifs du courant, le cadran de l'indicateur marche d'une lettre ; par conséquent, les deux cadrans une fois mis d'accord, toutes les fois que l'on amènera une lettre quelconque au-devant de l'arrêt B dans le communicateur, la même lettre apparaîtra instantanément à la fenêtre du cadran placé à la station extrême : de telle manière qu'il suffira d'amener un signe quelconque en face de ce point d'arrêt à la station du départ, pour que la même lettre apparaisse instantanément à la station d'arrivée sur le cadran de l'indicateur. Admettons, par exemple, qu'on veuille transmettre d'une station à l'autre le mot Paris, voici les différentes manœuvres qu'il faudra exécuter. Avant de transmettre aucun signe, on commencera par mettre d'accord les deux cadrans, c'est-à-dire les disposer tous les deux de telle manière que la lettre qui se montre à l'ouverture du cadran indicateur soit la même que celle qui se trouve au point d'arrêt du communicateur. L'instrument ainsi réglé, on fera tourner le disque du communicateur de manière à amener la lettre P au-devant du point d'arrêt. On fera la même manœuvre pour les lettres suivantes, et toutes ces lettres viendront à tour de rôle se reproduire dans le même ordre sur le cadran de la station d'arrivée. Le signe ✝ porté sur le cadran indique la fin d'un mot : le point marque la fin d'une phrase.

Telles sont les dispositions principales du télégraphe à cadran qui est surtout en usage aujourd'hui pour le service

spécial des chemins de fer en Angleterre et en France.

On a renoncé en Angleterre à l'emploi de ce télégraphe, pour les lignes de la correspondance générale, en raison des dérangements qui survenaient dans le mécanisme destiné à faire marcher les cadrans. Le nouveau système dont on fait usage aujourd'hui sur la plupart des lignes anglaises a été imaginé par M. Wheatstone, et diffère en tous points de celui dont il vient d'être question. Cet appareil, qui porte le nom de *télégraphe à deux aiguilles*, est l'instrument télégraphique réduit à sa plus simple expression : l'intelligence de l'opérateur y tient, pour ainsi dire, lieu de mécanisme.

Le *télégraphe à deux aiguilles* de M. Wheatstone se compose tout simplement de deux aiguilles aimantées fixées chacune au centre d'un cercle, et qui peuvent se mouvoir autour de ce cercle. Deux manivelles ou poignées, que l'opérateur tient dans ses mains, servent à diriger autour des deux aiguilles aimantées le courant d'une pile voltaïque, lequel a pour effet de faire dévier ces aiguilles de leur position. Le mouvement imprimé aux manivelles établit ou interrompt le courant électrique, et l'aiguille aimantée peut, de cette manière, prendre sur la circonférence du cercle la place que l'on désire. Ces deux aiguilles et leurs cadrans sont fixés sur le panneau antérieur d'une sorte de grande boîte offrant à peu près l'aspect d'un tombeau antique.

La figure 8 représente l'ensemble du télégraphe à aiguilles aimantées de M. Wheatstone. A, A sont les deux aiguilles que mettent en mouvement, par l'intermédiaire du courant électrique, les deux manivelles B, B. La caisse supérieure C renferme la *sonnerie*, ou le timbre qui, par sa résonnance, doit attirer l'attention de l'employé; D est une autre manivelle qui fait agir la sonnerie en mettant son conducteur en communication avec la pile.

Les positions combinées que peuvent prendre les deux aiguilles ont servi à former un alphabet. Les signes adoptés pour la désignation des lettres sont les suivants :

A, un coup à gauche de l'aiguille à gauche.
B, deux coups de la même aiguille à gauche.
C, trois coups de la même aiguille à gauche.
D, quatre coups de la même aiguille à gauche.
E, un coup de l'aiguille de gauche et deux de l'aiguille de droite.
F, un coup de l'aiguille de gauche et trois de l'aiguille de droite.

C'est, comme on le voit, un alphabet de sourd et muet ;

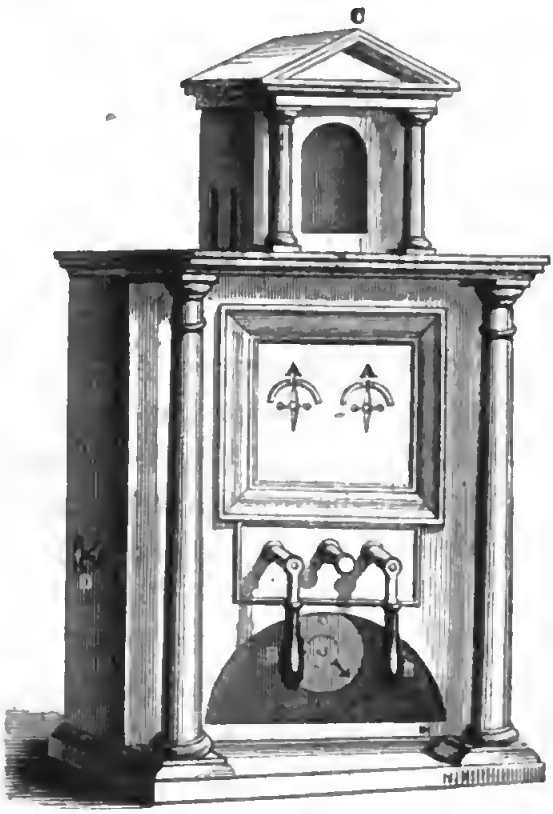


Fig. 8.

on forme, avec les aiguilles du télégraphe, des signes analogues à ceux que le sourd-muet exécute avec ses doigts.

M. Wheatstone a compté sur l'adresse, sur l'habileté particulière des employés, pour suppléer à l'insuffisance du mécanisme de son instrument. L'expérience a justifié la confiance que l'inventeur avait mise dans les ressources de l'organisation humaine servie et réglée par l'intelligence. Le moyen physiologique est destiné à suppléer ici à l'imperfection de la combinaison mécanique.

Il importe d'ajouter pourtant que des erreurs se glissent assez fréquemment dans les messages transmis de cette manière, et que si l'appareil télégraphique anglais est le plus simple que l'on connaisse, il est bien loin d'être le plus parfait. Il est assez connu qu'en Angleterre, par suite de son emploi, beaucoup de dépêches sont chaque jour incomplétement ou inexactement transmises. Outre l'inconvénient d'exiger deux fils conducteurs, ce qui double les dépenses d'installation, le système anglais présente ce côté très-défavorable, que nulle trace du message ne peut y être conservée. C'est la mémoire seule des employés, occupés à lire sur les cadrans les signaux au fur et à mesure de leur transmission, qui répond de l'exactitude de la traduction. Aucun moyen de contrôle ne permet de reconnaître une erreur commise dans leur travail. C'est à ces deux causes, graves toutes les deux, qu'il faut attribuer l'imperfection relative que présente en Angleterre la pratique de la nouvelle télégraphie. Aussi l'appareil de M. Wheatstone n'a-t-il été adopté par aucune autre nation de l'Europe pour le service télégraphique.

Pour faire manœuvrer les aiguilles des cadrans, on a choisi de jeunes garçons de quinze ou seize années; on comptait avec raison sur la vivacité et la délicatesse de mouvements naturelles à cet âge pour se plier plus vite aux conditions si nouvelles et si particulières de ce service. Ces enfants n'ont pas tardé, en effet, à acquérir une habileté prodigieuse à comprendre le vocabulaire télégraphi-

que et à exécuter les signaux qui le composent. Rien n'égale leur dextérité dans le maniement pratique de ce langage de sourd et muet. Les aiguilles s'agitent sous leurs doigts avec la promptitude de la pensée; les mouvements sont si pressés et si rapides, que l'œil a de la peine à les suivre. On lit en gros caractères sur les murs de la salle : « *Ne dérangez pas les employés quand ils sont occupés à leurs appareils.* » Cet avis est assez superflu, car on voit les enfants, pendant le cours de leur travail, causer, rire, et s'occuper de ce qui se passe autour d'eux, comme s'ils exécutaient la besogne la plus indifférente ; il leur arrive même, pendant l'expédition d'un message, de faire des aparté télégraphiques, et d'assaisonner les dépêches qu'ils sont occupés à transcrire de quelques plaisanteries à l'adresse de leur camarade.

On a observé, en effet, que les jeunes employés du télégraphe finissent par faire, en quelque sorte, connaissance avec leurs correspondants des autres stations. Cette espèce d'intimité est si bien établie entre eux, qu'ils savent reconnaître, aux premiers mouvements des aiguilles, celui de leurs camarades qui se dispose à leur écrire. On entend quelquefois un des employés de Londres s'écrier, en remarquant les mouvements de son appareil que l'on commence à faire agir de Manchester, par exemple : « Ah ! voilà George revenu ! » Un autre, en voyant les premières oscillations de ses aiguilles que l'on fait marcher de Liverpool, prend sa place d'un air de contrariété et de mauvaise humeur, en disant : « Allons, c'est encore ce brutal de John qui est là-bas ! » Ces sentiments d'antipathie qui s'établissent ainsi entre les employés d'une même ligne vont quelquefois au point de forcer l'administration à les séparer ; c'est ce que l'on a fait récemment sur la ligne de Londres à Birmingham, où deux jeunes gens étaient sans cesse occupés à se quereller et à échanger des injures par le télégraphe.

Le langage télégraphique permet d'obtenir une vitesse de transmission telle, que l'on expédie facilement en trois secondes un mot d'une longueur ordinaire, ce qui revient à une vingtaine de mots par minute. En cas d'accident arrivé à l'appareil, on peut écrire avec une seule aiguille au moyen d'un alphabet différent préparé pour ces sortes de cas. Mais alors la vitesse n'est plus que de huit à neuf mots par minute.

La télégraphie électrique est aujourd'hui exploitée en Angleterre sur une échelle considérable. En 1846, la *Compagnie du télégraphe électrique* fit construire un établissement magnifique dans la cité de Londres, à proximité de la Bourse et du quartier de la Banque. Ces bâtiments forment le point de jonction où viennent aboutir les lignes télégraphiques qui rayonnent de soixante villes importantes. Londres se trouve ainsi en communication instantanée avec Cambridge, Norwich, Portsmouth; avec Birmingham, Stratford, Derby, Nottingham, Liverpool, Manchester, Glasgow, Édimbourg, etc.; il communique aussi de la même manière avec Folkstone et Douvres. Le bureau central de la Compagnie se trouve relié avec toutes les têtes des chemins de fer qui ont des bureaux de télégraphie électrique, par des fils qui passent dans les rues à travers des conduits souterrains. Ce bureau central communique ainsi avec toutes les lignes électriques d'Angleterre, et il correspond dans ce moment avec cent dix-huit stations ou bureaux électriques situés dans Londres et les autres villes importantes de la Grande-Bretagne. Depuis l'année 1847 jusqu'à cette année, la Compagnie a étendu d'une manière remarquable les fils du réseau électrique. D'après un relevé donné en 1850 par M. Walker, 2,218 milles anglais (917 lieues de France) étaient déjà occupés par les fils du télégraphe électrique.

Depuis cette époque, le réseau télégraphique a doublé d'étendue.

L'administration anglaise a mis, quatre années avant nous, le télégraphe électrique à la disposition du public. La *Compagnie du télégraphe électrique*, qui, en Angleterre, a le monopole de toutes les communications télégraphiques, est chargée de l'exécution de ce service. Les correspondances du gouvernement ont lieu, comme celles du public, par le bureau central de la Compagnie, seulement le gouvernement obtient, *par déférence*, la priorité pour le passage de ses dépêches. On assure même que ce privilége peut lui être contesté.

Comme l'organisation des établissements publics de télégraphie électrique est de nature à intéresser nos lecteurs, nous donnerons une idée des dispositions intérieures du *Télégraphe central de Londres*.

Le *Télégraphe électrique central* est situé dans la rue Lothbury, en face du mur extérieur de la Banque. Quand on entre dans l'établissement, on trouve d'abord une grande salle commune éclairée par le haut et contenant trois galeries superposées. Au milieu de la salle règne une longue table divisée par des rideaux verts en six compartiments ou pupitres. C'est là que le public est admis à écrire les communications destinées à être expédiées par le télégraphe. Les messages doivent être inscrits sur une feuille de papier à lettre, dont près de la moitié est déjà remplie par une formule imprimée, avec des blancs destinés à recevoir le nom et l'adresse de l'expéditeur, celui de la personne à qui la communication est adressée, le prix du message et celui de la réponse, la date et l'heure de la réception de la dépêche, enfin la date et l'heure à laquelle la transmission a été commencée et terminée.

A mesure que les messages sont écrits, ils sont passés l'un après l'autre, par un guichet vitré, dans une petite pièce

nommée *bureau d'enregistrement*. Là on en prend note, et on les marque d'un numéro d'ordre; l'employé qui vient de faire cet enregistrement les place ensuite dans une petite boîte et tire le cordon d'une sonnette. Au même instant la boîte s'envole par une espèce de cheminée de bois et transporte son contenu à la partie supérieure de l'édifice dans la *salle des instruments*.

Si l'on rejoint la dépêche en suivant la voie plus lente, mais plus commode, de l'escalier, on arrive dans une assez grande pièce où se trouvent disposés huit appareils télégraphiques destinés à transmettre les messages dans les différentes directions. Chacun de ces appareils porte les noms de six ou huit stations avec lesquelles il correspond. Un employé suffit pour desservir trois de ces appareils.

Quand les différents messages sont arrivés à l'étage des instruments, on les place sur l'appareil qui doit en faire l'expédition, et le jeune garçon chargé de ce travail se met aussitôt à l'œuvre. Il commence par faire sonner, à l'aide du courant électrique, une petite sonnette, qui donne simultanément l'éveil à toutes les stations de la ligne. Mais tout en attirant ainsi l'attention des agents placés à chacune des stations, le bruit produit par les sonnettes cesse presque immédiatement partout, excepté à la station vers le nom de laquelle l'enfant dirige l'aiguille indicatrice. A ce signal, l'agent de cette station sait que le message qui va arriver n'est adressé qu'à lui, et, au moyen d'un signal correspondant, il fait savoir à la station de Londres qu'il est à son poste, prêt à recevoir la communication annoncée. Notre jeune garçon saisit alors de ses deux mains les deux manivelles qui font mouvoir les aiguilles, et se met à transcrire la dépêche, en faisant rapidement manœuvrer en divers sens cette poignée, qui imprime à ses aiguilles et à celles de son correspondant des mouvements saccadés

désignant telle ou telle lettre de l'alphabet électrique. Le message, reçu à la station où il a été envoyé, est immédiatement copié et porté à son adresse par un piéton attaché à l'établissement.

Les dépêches expédiées des différentes stations du royaume et aboutissant à Londres sont reçues dans la même *salle aux instruments*, dont nous venons de voir partir un message. La manœuvre pour la réception est tout aussi simple que celle de l'envoi. Deux employés se tiennent au-devant de l'appareil qui transmet la dépêche. L'un d'eux lit les mots à mesure qu'ils se présentent, et les dicte à son camarade. Cette dictée est si rapide que la plume a de la peine à la suivre. Quand un mot n'a pas été bien compris, l'employé en informe son correspondant par un signal particulier, et celui-ci recommence. La dépêche terminée, celui qui l'a reçue relit le manuscrit pour s'assurer qu'aucune erreur n'a été commise. L'heure et la minute de la réception sont notées; la copie est signée et elle descend au bureau d'enregistrement, où elle est transcrite sur un registre, et enfin envoyée à son adresse par un facteur.

Indépendamment de la transmission des messages particuliers, la *Compagnie du télégraphe électrique* a établi, au centre des principales villes du royaume, des bureaux où l'on peut recevoir et d'où l'on peut expédier à toutes les autres stations des renseignements et des communications de différente nature. Il y a, à chacune de ces stations, une salle pour les abonnés, dans laquelle on affiche sur des tableaux, au fur et à mesure qu'elles arrivent, toutes les informations d'un intérêt public ou commercial, telles que le cours de la bourse de Londres, les mercuriales des différents marchés, le prix courant des marchandises dans les principaux centres manufacturiers, l'état de la mer et de l'atmosphère pris à neuf heures du matin dans les

divers ports, l'arrivée et le départ des navires, les sinistres de mer, les nouvelles du *sport* et du parlement, les nouvelles générales, etc. Les communications de cette nature sont confiées, dans l'établissement central de Londres, à un département spécial nommé *département des nouvelles*, distinct du *département des messages privés*, et qui a pour mission exclusive de fournir des nouvelles aux salles de souscription d'Édimbourg, de Glasgow, de Liverpool, de Leeds, de Manchester, de Hull, de Newcastle, etc. A sept heures du matin, tous les journaux de Londres sont apportés au chef de ce département, qui en extrait, pour être transmises sous forme abrégée, aux différentes stations provinciales, les informations qu'il juge devoir être plus particulièrement utiles à chacune d'elles. Les journaux de ces diverses localités attendent, pour mettre sous presse, l'arrivée des dépêches électriques, et c'est ainsi que le négociant de Manchester reçoit, à huit heures du matin, des nouvelles que le chemin de fer n'apporterait qu'à deux heures moins un quart, et qui ne parviendront à Édimbourg, par cette même voie, qu'à neuf heures et demie du soir. La plupart des journaux de la province ont des abonnements au télégraphe électrique de Londres pour recevoir instantanément les nouvelles de la journée. Il en résulte pour eux une avance notable sur les journaux de la capitale.

Digitized by Google

CHAPITRE VII.

La télégraphie électrique en France. — Lignes télégraphiques établies en Allemagne, en Belgique et en Italie.

Tandis qu'en Angleterre et dans le Nouveau Monde, la télégraphie électrique, grâce au génie de Wheatstone et de Morse, se jouait de la distance et de l'espace, elle rencontrait en France une résistance obstinée. Enchaînée par ses habitudes de routine, notre administration fermait les yeux à la lumière des plus éclatants progrès. C'est à l'initiative et à la persévérance d'Arago que nous sommes redevables de l'existence, dans notre pays, de la télégraphie électrique.

Au mois de juin 1842, le gouvernement présenta à la chambre des députés une demande de crédit pour perfectionner la télégraphie aérienne. Il s'agissait d'expériences de télégraphie nocturne : on se proposait d'essayer le système d'éclairage de M. Jules Guyot. M. Pouillet était rapporteur du projet. Dans un rapport de ce genre, il était difficile de se taire sur l'existence de la télégraphie électrique, dont les journaux étrangers apportaient par intervalles les plus étonnants récits. M. Pouillet en parla en effet, mais ce fut pour déclarer que cette découverte n'était qu'une utopie brillante qui ne se réaliserait jamais. Une telle assertion, émise par un juge aussi compétent, semblait devoir retarder indéfiniment l'installation en France de la télégraphie électrique. Heureusement, Arago prit en main les droits de la science. Il énuméra les avantages de la télégraphie électrique ; il fit connaître les admirables résultats obtenus en Amérique par les instruments

de M. Morse; il prouva enfin qu'il était facile de créer en France des établissements analogues. Dès ce jour, les incertitudes, les résistances de l'administration durent cesser, et peu de temps après, le gouvernement envoyait en Angleterre M. Foy, administrateur en chef des lignes télégraphiques, avec mission d'y étudier les nouveaux appareils.

A la suite des rapports de M. Foy, le gouvernement s'entendit avec M. Wheatstone pour l'établissement, en France, d'une ligne de télégraphie électrique. On stipula le prix qui serait accordé à l'inventeur pour l'emploi de ses procédés et la fourniture des instruments. M. Wheatstone vint à Paris. Mais au moment de prendre les arrangements définitifs, des difficultés regrettables s'élevèrent inopinément. Arago et les savants français prétendaient que les lignes établies en Angleterre n'embrassaient pas une étendue suffisante pour décider *à priori* que les communications entre deux villes très-éloignées, telles que Paris et le Havre, Paris et Lyon, pussent se faire sans aucune station intermédiaire: on exigeait donc des expériences spéciales. M. Wheatstone assurait, au contraire, que tout essai de ce genre était superflu, parce qu'il avait expérimentalement prouvé que le télégraphe électrique peut transmettre une dépêche à cent quarante lieues de distance sans aucune station intermédiaire. Les doutes de nos savants blessèrent un inventeur que huit années de travaux et de triomphes incontestés semblaient devoir affranchir d'un pareil contrôle. Ces premières difficultés en amenèrent d'autres; bref, le conflit dégénéra en rupture. La commission instituée par le gouvernement pour l'établissement d'une ligne télégraphique de Paris à Rouen, crut pouvoir se passer des lumières du physicien anglais, et M. Wheatstone quitta Paris.

Pour l'avenir de nos établissements de télégraphie élec-

trique, il ne pouvait rien arriver de plus fâcheux. On va voir, en effet, à quels regrettables errements se laissa entraîner la commission livrée à ses seules lumières, et privée du concours du savant illustre qui a doté l'Angleterre de son système actuel de télégraphie.

Il y avait bien des manières d'établir en France la télégraphie électrique. On pouvait adopter l'appareil américain, dont la pratique attestait tous les jours la parfaite convenance. On pouvait employer le système à cadran. On pouvait prendre, en les modifiant, les combinaisons mécaniques adoptées par M. Steinheil ou par M. Jacobi, dans les télégraphes construits par ces savants en Allemagne et en Russie. La commission repoussa tout cela. M. Foy, alors directeur général de l'administration des télégraphes, et qui présidait la commission, s'arrêta à l'idée étrange et bizarre de *faire exécuter par le télégraphe électrique les signaux ordinaires du télégraphe aérien.* Comment une idée pareille put-elle être accueillie par une commission formée d'hommes instruits et familiers avec toutes les difficultés et les exigences de la télégraphie électrique? Nous l'ignorons; toujours est-il que le projet de M. Foy fut adopté. M. Breguet construisit deux petits télégraphes longs de quelques pouces, mis en action, grâce à un mécanisme d'horlogerie, par le courant voltaïque. On plaça ces deux appareils aux deux extrémités de la ligne; on tendit deux fils métalliques, destinés à mettre en action chacune des ailes de ces télégraphes, et, après de très-longs essais préalables, ce système fut définitivement installé le 9 décembre 1844.

On se serait proposé de chercher le plus imparfait de tous les systèmes de télégraphie électrique, certes on n'aurait pas trouvé mieux.

En premier lieu, le télégraphe Foy-Breguet exige l'emploi de deux courants voltaïques et de deux conducteurs,

au lieu d'un seul courant et d'un seul fil que présentent presque tous les appareils employés aujourd'hui. En effet, pour faire agir une des branches de ce petit télégraphe aérien, il faut une pile, un courant, un fil conducteur, un mécanisme d'horlogerie formant les signaux; pour faire agir l'autre branche, il faut une autre pile, un autre courant, un autre conducteur, un autre mécanisme d'horlogerie. Il faut faire travailler côte à côte ces deux appareils jumeaux, qui cependant sont indépendants l'un de l'autre. On comprend tous les inconvénients qui découlent de cette malencontreuse complication. Les dépenses sont doublées; mais ce qu'il y a de plus grave, c'est que les chances d'erreurs sont illimitées par suite des embarras continuels qu'amène la manœuvre de ces deux instruments isolés et cependant liés entre eux.

Un autre inconvénient du système de M. Foy, et qui a tout autant de gravité que le précédent, c'est que le nombre des signaux est excessivement restreint. Quand on voit manœuvrer ces télégraphes en miniature, on est assez naturellement porté à croire qu'ils reproduisent fidèlement tous les signaux de l'instrument de Chappe; c'est là cependant une erreur qu'un peu d'attention fait reconnaître. Les télégraphes de M. Foy ne donnent que tout juste la moitié des signaux consacrés à la correspondance du télégraphe aérien. Ceci exige, pour être compris, une courte explication. Le télégraphe de Chappe se compose, nous l'avons dit, de *trois pièces mobiles :* le régulateur et les deux ailes. Les ailes peuvent prendre quarante-neuf positions; ces quarante-neuf combinaisons graphiques sont vues sous deux aspects différents, selon que le régulateur est porté à l'oblique de gauche : de là, deux fois quarante-neuf ou quatre-vingt-dix-huit signaux dans la télégraphie aérienne. Or, le télégraphe électrique de M. Foy ne possède que *deux pièces mobiles,* les ailes. En effet, le régulateur, qui n'existe

que pour la forme, est *immobile dans sa position horizontale,* au lieu d'être mobile autour de son point d'appui, comme dans le télégraphe de Chappe. Ce régulateur ne peut donc plus servir, comme celui du télégraphe aérien, à doubler, par ses deux positions, le nombre de combinaisons qui résultent de la situation des ailes. Le télégraphe électrique de M. Foy reproduit très-bien les quarante-neuf signaux du télégraphe aérien, dans lesquels le régulateur est horizontal; mais il ne peut représenter un seul des signaux dans lesquels le régulateur est oblique ou vertical. Le vocabulaire du télégraphe de Chappe, destiné à la composition des dépêches, se compose, comme nous l'avons vu, de quatre-vingt-dix-huit figures. Le télégraphe Foy-Breguet ne donne que quarante-neuf de ces figures; il ne fournit donc que la moitié des signaux qui forment le vocabulaire de la télégraphie aérienne.

Ces remarques critiques contre l'appareil Foy-Breguet ont été, à diverses reprises, développées par nous dans diverses publications. Depuis l'adoption de ce système en France, les avertissements n'ont pas manqué, sous ce rapport, à l'administration des télégraphes. L'expérience a promptement démontré, d'ailleurs, la justesse de ces critiques. En effet, tant que l'emploi de la télégraphie nouvelle resta, parmi nous, limité à une sphère peu étendue, les appareils Foy-Breguet purent suffire aux faibles exigences de ce service. Mais lorsque, par suite de la création successive d'un grand nombre de lignes nouvelles, la télégraphie électrique eut reçu, dans notre pays, une grande extension, les vices, les inconvénients, les difficultés de tout genre qui découlaient de ce système, se produisirent avec une évidence irrécusable. Par suite de l'impérieuse nécessité des faits, l'administration française fut obligée, en 1852, de faire un premier pas dans l'abandon du système qu'elle avait créé.

Le but que l'on s'était proposé en construisant l'appareil Foy-Breguet, était, comme nous l'avons dit plus haut, de conserver, pour l'usage de la télégraphie électrique, l'emploi des signaux de la télégraphie aérienne, dont les employés avaient l'habitude. Cette combinaison du système ancien et du procédé nouveau aurait offert, à une certaine époque, quelques avantages pour le service, si l'on avait pu la réaliser complétement. Mais on n'avait pas même pu y réussir, puisque l'appareil employé pour reproduire électriquement les signaux de la télégraphie aérienne ne donne, comme nous l'avons dit, que la moitié des signaux du vocabulaire aérien, ce qui faisait naître des difficultés considérables pour la transmission des dépêches.

Ces difficultés étaient si sérieuses que, peu d'années après son installation sur nos lignes, on se voyait obligé de modifier profondément le mode d'emploi du télégraphe de M. Foy. On renonçait à lui faire exprimer, ainsi qu'on l'avait voulu à l'origine, les signaux du vocabulaire de la télégraphie aérienne, et l'on se bornait à choisir, parmi les signes qu'il peut donner, 24 positions destinées à représenter les 24 lettres de l'alphabet. Ainsi on en était venu à transformer en un simple télégraphe alphabétique l'instrument qui avait été créé dans la vue spéciale de conserver l'emploi du vocabulaire aérien.

Mais du moment que l'on se décidait à se servir d'un télégraphe simplement alphabétique, il n'existait plus de motifs pour maintenir l'usage d'un appareil qui exigeait, pour la formation des signaux, l'emploi de deux fils conducteurs et de deux appareils mécaniques. Il fallait nécessairement en revenir aux appareils adoptés en Amérique, où l'on ne fait usage que d'un seul conducteur.

Cette résolution a heureusement fini par prévaloir. Un décret du 11 juin 1854, qui introduisait divers changements dans l'organisation générale de l'administration des

télégraphes, fit connaître officiellement la nécessité d'apporter au matériel du service des améliorations reconnues indispensables. A la suite de ce décret, l'abandon des appareils Foy-Breguet fut décidé.

Quel est le système nouveau que la télégraphie française a adopté, après un examen approfondi de tous les appareils de ce genre? C'est le télégraphe américain, l'appareil de M. Morse, sans modification importante.

Les considérations qui ont motivé, de la part de l'administration française, le choix du système Morse, sont, à notre sens, parfaitement fondées. En premier lieu, et c'est là une raison sans réplique, ce système tend à être adopté universellement. Il règne aux États-Unis et dans les autres parties de l'Amérique où a pénétré la nouvelle télégraphie. En Europe, il fonctionne dans l'Allemagne, la Belgique et la Suisse. Or, il importe au plus haut degré, pour faciliter la transmission des dépêches internationales, que les divers États européens s'accordent à faire usage d'un même appareil télégraphique. C'était donc déjà obéir à une sage pensée que d'adopter un système qui réunissait en sa faveur le suffrage des principaux États de l'Europe.

On peut ajouter, comme considérations d'ordre secondaire, qui ont motivé l'adoption de l'appareil américain, l'avantage précieux qu'il présente de transmettre l'électricité à des distances très-considérables, sans aucune interruption dans le fil conducteur; condition que ne remplissent point tous les systèmes rivaux. Un dernier avantage de l'appareil Morse, c'est qu'il a pour résultat de laisser une impression matérielle de nature à être conservée. Comme l'instrument transcrit lui-même sur le papier la dépêche envoyée par le correspondant, on peut conserver le texte authentique du message, et, si une erreur s'est glissée dans la traduction ou la transmission d'une dépêche, reconnaître celui des employés qui a commis l'erreur.

La mesure importante qui a été prise par le gouvernement français pour le service de ses lignes télégraphiques, il est très-désirable que les autres États européens se décident à l'adopter. Il serait utile, en particulier, que l'Angleterre, suivant la France dans cette voie, substituât l'appareil de Morse à l'instrument moins perfectionné dont elle se sert aujourd'hui, et dont aucune autre nation n'a voulu faire usage. Un premier pas a été fait chez nos voisins dans cette direction, puisque le télégraphe sous-marin, entre Douvres et Calais, est pourvu de l'appareil Morse. En faisant un dernier pas dans la même voie, l'Angleterre donnerait aux autres États un exemple précieux.

Conformément à la loi du 29 novembre 1850, le télégraphe électrique a été mis, en France, depuis le 1er mars 1851, à la disposition du public. Un bureau de télégraphie privée se compose d'une pièce divisée en deux parties par une cloison grillée et vitrée; derrière ce vitrage, trois ou quatre employés attendent le public. Un employé vous présente une feuille de papier blanc sur laquelle vous inscrivez, en termes aussi laconiques que possible, votre missive, que vous signez et dont vous acquittez le prix. La dépêche est ensuite portée dans la pièce suivante, où se trouvent les appareils télégraphiques, et transmise immédiatement à sa destination.

Comme il était facile de le prévoir, l'usage de la télégraphie privée a pris, en France, une extension rapide. Les chiffres suivants représentent sa progression depuis son établissement en 1851. Dans les deux derniers mois de 1851, on transmit 9,014 dépêches privées. En 1852, ce nombre s'éleva à 48,105; sur ce dernier nombre, les dépêches envoyées de Paris étaient de 19,425. En 1856, le nombre total des dépêches expédiées fut de 360,000; en 1857, de 413,000; en 1858, de 463,000. Le produit des dépêches, qui n'était que de 1,500,000 francs, en 1853,

s'est élevé à 3,333,000 francs en 1857, et à 3,516,000 francs en 1858.

Le développement rapide qu'a pris à Paris le service de la télégraphie privée, a nécessité l'établissement de plusieurs stations ou bureaux de télégraphie privée. L'une de ces stations est placée dans la rue Richelieu, en face de la Bourse, dans un lieu voisin du centre des affaires. Trois autres sont établies aux embarcadères des chemins de fer de l'Ouest, d'Orléans et du Nord. Enfin, on en trouve d'autres à l'administration centrale des Postes, au palais du Luxembourg, à la Bibliothèque impériale, rue Vivienne, etc. On compte aujourd'hui à Paris 24 bureaux de télégraphie privée.

Nous nous étions attaché, dans les éditions précédentes de cet ouvrage, à présenter l'état de la télégraphie électrique en France, et à donner la liste des villes qui ont été reliées successivement par des fils électriques. Ce tableau devient aujourd'hui inutile, puisqu'il est assez connu que la télégraphie électrique est établie aujourd'hui sur toutes nos lignes de chemins de fer, ce qui nous dispense de toute énumération. A la fin de 1855, la longueur des fils servant à la transmission des dépêches, était de 10,000 kilomètres, et 170 stations télégraphiques fonctionnaient pour la correspondance privée. Bientôt, non-seulement toutes les préfectures, mais un nombre considérable de sous-préfectures seront liées au réseau télégraphique. On songe à étendre les bienfaits des communications nouvelles à d'autres points encore, et l'on arrivera probablement à donner un bureau de correspondance à toutes les sous-préfectures situées sur le parcours des lignes télégraphiques.

Quant au tarif de la transmission des dépêches, une loi promulguée en 1861 porte qu'il sera perçu 2 francs pour une dépêche de 1 à 25 mots, expédiée d'un département à

l'autre; et de 1 franc pour le même département. Au-dessus de 25 mots, cette taxe est augmentée.

CHAPITRE VIII.

Le télégraphe sous-marin. — Pose du fil télégraphique entre Douvres et Calais en 1850. — Reprise et fin des travaux en 1851. — Télégraphe sous-marin entre l'Angleterre et l'Irlande, entre l'Angleterre et la Hollande, entre l'Angleterre et la Belgique. — Télégraphe sous-marin de Varna à Sébastopol à travers la mer Noire. — Télégraphe sous-marin entre la France et l'Algérie. — Tentatives faites en 1857 et 1858 pour l'établissement d'un télégraphe sous-marin entre l'Europe et l'Amérique. — Insuccès des opérations.

Nous n'avons encore parlé que des télégraphes électriques établis sur la terre ; nous n'avons considéré jusqu'ici que ces fils métalliques élevés dans l'espace, et abrités par la masse non conductrice de l'air, contre la déperdition du fluide pendant le trajet. Il nous reste à faire connaître l'entreprise extraordinaire qui a eu pour résultat de créer des communications du même genre à travers l'Océan, c'est-à-dire au milieu de la substance la moins propre, en raison de son extrême conductibilité électrique, à servir au fluide de moyen de transmission. Considérée longtemps comme un beau rêve, cette œuvre glorieuse a été enfin réalisée avec un complet bonheur, et maintenant plusieurs contrées, séparées les unes des autres par la mer sur une distance considérable, sont en relation électrique continue, et correspondent d'une manière instantanée, comme si elles n'étaient séparées que par un intervalle de quelques lieues.

La théorie démontrait qu'il serait possible d'établir des communications électriques à travers l'Océan. Quelle que

soit la conductibilité électrique de l'eau chargée de sels qui occupe le bassin des mers, un fil métallique n'a besoin pour la franchir, sans laisser disséminer l'électricité qui l'anime, que d'être revêtu sur toute son étendue d'une enveloppe isolante. Mais les difficultés pratiques étaient immenses pour la réalisation de ce projet, car les substances de nature à servir de fourreau isolateur étaient toutes d'un prix élevé ou éminemment cassantes. Une matière nouvelle qu'apporta en Europe la mission envoyée en Chine par le gouvernement français, la *gutta-percha*, vint fournir la substance si longtemps cherchée. La *gutta-percha* est un corps qui ressemble beaucoup au caoutchouc, mais qui a sur lui l'avantage, capital dans le cas qui nous occupe, d'être éminemment mauvais conducteur de l'électricité. M. Walker, en Angleterre, fut le premier à saisir l'importance des applications que l'on pourrait faire de la gutta-percha à l'isolement des fils d'un télégraphe. Le 10 janvier 1849, il constata, dans une expérience *ad hoc*, qu'un fil conducteur télégraphique enveloppé de *gutta-percha* et placé sous l'eau, dans le port de Folkstone, conduisait parfaitement le courant électrique et permettait de former des signaux comme sur la terre.

En Amérique, M. Morse a fait, en 1849, des essais relatifs à la télégraphie sous-marine ; mais le premier télégraphe qui ait été jeté à travers un bras de mer, est celui de la Manche, entre Douvres et Calais : c'est à un ingénieur anglais, M. Jacob Brett, qu'il était réservé d'exécuter cette belle entreprise.

Par une faveur toute spéciale, M. Jacob Brett obtint du gouvernement français le privilége exclusif de l'exploitation du télégraphe électrique qui serait établi entre Douvres et Calais. Un décret, en date du 10 août 1849, accorda à M. Brett le droit privilégié d'exploiter pendant une durée de dix ans à partir du 1er septembre 1850, la communica-

tion télégraphique entre l'Angleterre et la France. Cette autorisation obtenue, une compagnie anglo-française se forma pour mettre le projet à exécution. Un fil de cuivre d'une longueur continue de 45 kilomètres, recouvert d'une enveloppe de gutta-percha de 6 millimètres et demi d'épaisseur, fut préparé pour servir de conducteur entre les deux villes. Les points choisis pour l'immersion du fil étaient : la côte de Douvres en Angleterre ; en France, le cap Grinez, situé à sept lieues de Douvres, entre Boulogne et Calais.

Tout étant prêt, le 28 août 1850, le bateau à vapeur anglais *le Goliath* sortit du port de Douvres pour se rendre à l'extrémité de la jetée. On avait disposé au milieu du bateau, un immense treuil, autour duquel s'enroulait toute la longueur du fil métallique recouvert de son fourreau de gutta-percha. Sur le bâtiment se trouvaient, M. Jacob Brett, MM. Wollaston et Crampton, ingénieurs chargés de l'exécution des appareils, MM. Francis Edwards, Reid et quelques autres savants ou principaux actionnaires de l'entreprise. La première opération devait consister à amarrer solidement le fil conducteur sur la côte. La portion du fil destinée à reposer sur le sol était contenue dans une enveloppe de plomb de la longueur de 300 mètres, afin de la préserver du frottement contre le rivage. Cette opération terminée, et le bout du câble solidement fixé sur la terre, le *Goliath*, se dirigea vers le cap Grinez. Au signal de *laissez tomber*, l'opération du dévidement et de la pose du fil commença. Le conducteur venait porter, au sortir du treuil, sur un rouleau de bois placé à l'avant du bateau ; on le retenait de temps en temps, pour en lester les portions successivement immergées. A cet effet, on le chargeait de poids de plomb de 8 à 12 kilogrammes, destinés à l'entraîner au fond de la mer ; le nombre de ces poids était de vingt-quatre à quarante-huit par lieue.

Les deux opérations du déroulement du fil et de son chargement s'exécutèrent avec une grande précision. Le *Goliath* était précédé d'un autre bateau à vapeur, le *Widgeon*, qui indiquait par des bouées flottantes la ligne à suivre. La profondeur de l'eau aux points choisis pour la submersion variait de 10 à 75 mètres. Tout en se dévidant et allant se fixer ainsi sur le fond de la mer, le fil conducteur était entretenu en communication constante avec la station de Douvres, et servait à envoyer et à recevoir des dépêches qui indiquaient les phases successives de la submersion.

Aux abords de la station de Douvres, se pressaient un nombre immense de curieux, avides de suivre, de minute en minute, la marche de l'opération. L'enthousiasme fut grand dans cette foule palpitante d'émotion et d'anxiété, lorsque, à huit heures du soir, une dépêche télégraphique partie du cap Grinez, sur la côte de France, vint annoncer à Douvres l'heureuse fin de ce travail.

Pendant les jours suivants, un échange de correspondance s'établit entre les deux points unis par le magique lien. Mais, hélas! quelques jours après, une dépêche partie de Douvres ne parvenait pas à sa destination; le télégraphe restait muet, la dépêche s'était noyée dans le détroit. On reconnut bientôt que le fil s'était brisé près des côtes de France. Là se trouvent des écueils et des rochers constamment battus par les vagues. On avait cru que le tube de plomb enveloppant le fil le préserverait des chocs résultant de l'action des lames contre les rochers situés près du rivage; mais ce moyen de défense n'avait pas suffi.

Cet accident, qu'il eût été facile de prévenir, compromit le succès de cette grande entreprise et amena la dissolution de la société formée par M. Jacob Brett. Cependant, dix mois après, une compagnie nouvelle, autorisée par charte

royale, était constituée avec un capital de 2,500,000 francs. Un nouveau fil fut construit, qui présentait cette fois des conditions rigoureuses de solidité. Cet appareil, qui devait réunir à une résistance considérable assez de souplesse pour s'enrouler sans peine autour d'un treuil, était disposé de la manière suivante. Quatre fils de cuivre de la grosseur d'un fil de sonnette ordinaire, contenus dans une gaîne de gutta-percha, étaient entrelacés avec quatre cordes de chanvre, et le tout était réuni par un mélange de goudron et de suif, de manière à former un cordon unique d'environ 3 centimètres de diamètre. Une seconde corde de chanvre pareille à la précédente, sauf l'absence des fils de cuivre, enveloppait la première et lui servait de fourreau. Enfin, pour préserver de rupture l'appareil intérieur, le tout était fortement serré au moyen de dix fils de fer galvanisés. Ce système composait une sorte de câble métallique, souple et solide à la fois, offrant quatre pouces et demi de diamètre. Il avait été construit dans les ateliers de M. Bloke, à Wapping, et coûtait plus de 300,000 francs.

MM. Wollaston et Crampton, les deux ingénieurs chargés par la compagnie d'exécuter toutes les opérations relatives à l'installation du télégraphe sous-marin, choisirent pour le point d'arrivée du fil sur la côte de la France, une dune située près du village de Sangatte, à une lieue et demie de Calais. Enfoui dans le sable à sa sortie de la mer, le conducteur devait cheminer sous terre jusqu'à la station de Calais. Le point choisi sur la côte anglaise fut le cap Southerland, près de Douvres. Le bout du câble, enfermé dans un tuyau, descend perpendiculairement sous le sol par un puits creusé dans la falaise, et se dirige ensuite vers la mer par un petit tunnel formant un angle droit avec le puits; il s'avance de cette manière jusqu'à une assez grande distance dans la mer et se trouve ainsi préservé du choc des lames qui déferlent sur la plage.

Ces dispositions parfaitement entendues faisaient présager le succès qui couronna l'entreprise. Le 24 décembre 1851, le câble métallique fut enroulé sur le bateau à vapeur *le Blazer*, autour d'un vaste treuil où il formait un énorme cylindre de 10 mètres de hauteur. Le lendemain, au point du jour, l'opération de la pose du fil commença sous la direction de MM. Wollaston et Crampton. Dans la soirée, le conducteur était déroulé tout entier, et reposait sur le fond de la Manche. Mais l'opération terminée, on reconnut avec douleur que la longueur du fil avait été mal calculée et que son extrémité s'arrêtait à près d'un kilomètre de la côte de France. La nuit arriva ; la mer était mauvaise, le câble exerçait sur le bateau à vapeur une traction violente qui menaçait à chaque instant de le faire chavirer ; il fallut se décider à abandonner le fil à lui-même. On attacha donc une bouée à son extrémité, et on le laissa tomber, non sans appréhensions, au fond de la mer. On prit sur-le-champ les dispositions nécessaires pour préparer en toute hâte un bout de câble provisoire. Ce câble supplémentaire ne fut terminé que le jour suivant. Tout faisait craindre que l'agitation de la mer et le choc des vagues contre le câble, abandonné deux jours au fond de la mer, n'eussent fait perdre le fruit de tant de travaux. Heureusement la bouée fut retrouvée à sa place, retenant encore parfaitement intacte l'extrémité du câble métallique. On hissa à bord ce bout libre. Une dernière fois, on essaya de tirer sur le conducteur, de manière à le rapprocher des côtes de France. N'ayant rien pu obtenir par ce moyen, on se contenta d'attacher fortement au câble la corde provisoire préparée la veille ; c'était un petit câble enveloppé d'un mélange de goudron et de gutta-percha, et renfermant dans son intérieur quatre fils de cuivre qui furent soudés aux fils du câble principal. On put ainsi atteindre le cap de Sangatte.

Digitized by Google

Aussitôt des dépêches furent échangées entre Calais et Douvres : les appareils transmirent les communications avec une entière facilité.

Pendant la semaine suivante, on s'occupa de fabriquer le bout de câble définitif nécessaire pour compléter le conducteur : ce morceau supplémentaire fut substitué à la corde provisoire, et le 13 novembre 1851, s'effectua l'intéressante cérémonie de l'inauguration du télégraphe sous-marin. Ce jour-là, le courant électrique, parti du rivage français, vint mettre le feu à un canon placé sur le rempart de Douvres. Une correspondance s'établit immédiatement entre la station anglaise et les bureaux du ministère de l'intérieur à Paris, et l'on célébra à Douvres, dans un banquet solennel, le succès de cette merveille de notre siècle. La première dépêche électrique expédiée d'Angleterre à travers l'Océan fut déposée entre les mains du Président de la République française, juste hommage rendu au prince éclairé dont le persévérant concours avait puissamment contribué à la réalisation de cette belle entreprise.

Pendant près d'une année les communications entre l'Angleterre et la France se sont faites exclusivement de Douvres à Calais. Pour atteindre Londres ou Paris, les dépêches devaient passer de chaque station sous-marine à la ligne télégraphique de Douvres à Londres, ou de Calais à Paris. Depuis le 1er novembre 1852, les stations intermédiaires de Douvres et de Calais ont été supprimées, et le fil télégraphique, à l'aide de travaux nouveaux et de dispositions convenables, se trouve réuni à la ligne ordinaire du télégraphe, de manière à faire communiquer Londres et Paris sans aucune station intermédiaire sur la côte.

Aujourd'hui le télégraphe électrique fonctionne de Londres à Paris, à travers l'Océan, avec une facilité merveilleuse. Un courant incessant de pensées s'échange d'un pays à l'autre, et ce lien qui rattache les deux rivages est

comme une main fraternelle que se tendent deux peuples amis à travers la mer qui les sépare. Perdu au fond de l'Océan, cet humble fil de métal semble un obstacle bien fragile, mais que des circonstances, dont tout contribue à écarter la pensée, viennent jamais à se produire, et l'on verra quelle barrière puissante il dresserait aussitôt contre tout esprit de divisions et de guerre!

Le succès du télégraphe sous-marin de Douvres à Calais, la certitude de braver avec ce merveilleux messager l'insulte des flots et la fureur des tempêtes, ont amené l'extension rapide de cet admirable système de communication. Un télégraphe sous-marin semblable à celui de Douvres à Calais réunit aujourd'hui l'Angleterre et l'Irlande, en traversant le canal Saint-George, sur une distance supérieure encore à celle qui sépare Douvres et Calais. Le fil est établi entre Holyhead et Howth. Le câble ne se compose point de quatre fils métalliques, comme celui de Douvres; il consiste en un seul fil de laiton isolé au moyen de la gutta-percha, et recouvert extérieurement d'un assemblage de fil de fer galvanisé qui le préserve de toute atteinte extérieure. Afin de le mettre à l'abri du contact des rochers et de l'agitation produite par la marée, le câble est recouvert, sur chacun des deux rivages, d'une double enveloppe de fil de fer, et cette enveloppe se prolonge autour du fil jusqu'à une étendue considérable dans la mer.

C'est le 1er juin 1852 que la communication électrique a été complétée entre l'Angleterre et l'Irlande. On lisait dans le *Morning Advertiser* du 2 juin l'article suivant :

« Le *Britannia* et le *Prospero* ont quitté, hier matin, Holyhead à quatre heures; le premier suivait le fil métallique avec une rapidité moyenne de cinq milles par heure, tandis que l'autre pilotait la marche. Le steamer ayant le câble à bord a atteint la chaussée est de Howth peu après huit heures du soir; alors a

été immédiatement effectuée la jonction avec la terre, et il y a eu sur-le-champ échange de messages entre Howth et Holyhead. Dès que le *Britannia* a eu atteint la côte d'Irlande, le fait a été communiqué à Holyhead. Alors le fil métallique a été appliqué à l'un des canons du navire, et la note transmise à Holyhead a reçu presque aussitôt une réponse par la détonation de l'un des canons du bâtiment. »

Une communication du même genre a été établie entre l'Angleterre et la Hollande. Le 2 juin 1853, le bateau à vapeur *the Monarch* déposait le câble télégraphique, qui, partant d'Oxferdness, sur la côte de Suffolk, en Angleterre, aboutit à Schevening, en Hollande. Ce câble a une longueur de 115 milles.

Enfin, la compagnie établie à Londres, pour l'exploitation de la télégraphie sous-marine (*Sub-marine telegraph Company*), a jeté un conducteur sous-marin entre l'Angleterre et la Belgique : ce télégraphe part de Douvres pour aboutir à Ostende.

Le 13 avril 1854, un câble télégraphique fut jeté à travers la mer Noire, reliant la Turquie avec la Crimée; il partait de Varna pour aboutir au camp des alliés devant Sébastopol. Malgré l'immense étendue de cette ligne et les difficultés de la navigation sur la mer Noire, l'exécution des travaux ne rencontra aucun obstacle, et quelques jours suffirent pour terminer les opérations.

La longueur du câble électrique qui fut déposé au fond de la mer Noire, était de 377 milles anglais, ou en nombre rond de 600 kilomètres (150 lieues de 4 kilomètres), c'est-à-dire environ les trois quarts de la distance de Paris à Marseille.

Le télégraphe électrique de la mer Noire a fonctionné sans interruption avec le plus complet succès jusqu'à la prise de Sébastopol. Après la conclusion de la paix avec la Russie, cette ligne a été supprimée.

Nous avons à parler maintenant du télégraphe sous-marin qui relie la France et le continent européen à l'Afrique française. Commencée en 1854, arrêtée par deux insuccès en 1855 et 1856, cette belle ligne sous-marine a été menée à bonne fin au mois de septembre 1857. Quelques détails sur les diverses phases des opérations accomplies ou essayées pendant ces trois années ne seront pas déplacés ici.

Quand il fut question pour la première fois de relier électriquement l'Afrique française au continent européen, deux plans furent proposés au gouvernement français pour la réalisation de cette entreprise hardie. Une compagnie française offrait d'établir la ligne télégraphique en traversant l'Espagne, de manière à diminuer autant que possible l'étendue du câble sous-marin. Le fil partant de Perpignan serait descendu le long du littoral méditerranéen de l'Espagne jusqu'à Gala ou Almeria. Arrivé là, il aurait plongé dans la Méditerranée pour aboutir à Oran; le fil sous-marin aurait présenté, dans ce cas, une longueur de 140 kilomètres (35 lieues de terre). D'un autre côté, une compagnie anglaise, sous la direction de M. John Walkins Brett, proposait une autre direction, ayant cet avantage pour l'Angleterre de permettre de pousser ultérieurement la ligne télégraphique le long du littoral de l'Afrique et de l'Asie, de manière à atteindre jusqu'à l'Australie et aux possessions anglaises dans les Indes orientales.

Une loi promulguée le 10 juin 1853 accorda la préférence au projet de la compagnie anglaise. Voici donc quel fut le trajet adopté pour la ligne télégraphique sous-marine, destinée à relier avec l'Afrique le continent européen.

Partie de Douvres, la ligne télégraphique sous-marine aboutit à Ostende, en mettant à profit le télégraphe sous-marin établi entre ces deux villes. Arrivé en Belgique, il traverse ce pays et atteint Cologne, d'où il descend, le long

des possessions allemandes, de Cologne à Carlsruhe et Bâle. La Suisse et les États sardes sont ensuite traversés; le fil télégraphique descend de Chambéry à Turin, et de Turin au port de la Spezzia, situé en face de la pointe septentrionale de la Corse. C'est en ce point que le fil s'enfonce dans la mer pour aller toucher au cap Corse. L'île de Corse est traversée, du nord au sud, par une ligne de télégraphie terrestre. Le détroit de Bonifacio, qui sépare la Corse de la Sardaigne, est franchi ensuite au moyen d'un câble sous-marin. La Sardaigne franchie, le fil descend de nouveau dans la Méditerranée; enfin il part du cap Teulada pour plonger dans la Méditerranée et pour aborder à la côte d'Algérie entre la ville de Bone et la frontière de Tunis. L'étendue totale de la partie sous-marine de cette ligne est de 449 kilomètres (110 lieues terrestres).

La première partie de cette ligne sous-marine fut exécutée au mois de juillet 1854. Des câbles télégraphiques furent déposés, à cette époque, dans la Méditerranée, reliant la France avec la Corse et la Corse avec la Sardaigne, de telle sorte qu'il ne restait plus dès lors qu'à continuer la ligne sous-marine entre la Sardaigne et le littoral de l'Afrique. Cette première partie de l'opération a présenté assez d'intérêt pour que nous en rappelions ici les détails.

Dès le commencement du mois de mai 1854, les deux conducteurs se trouvaient prêt : ils avaient été construits dans les ateliers de Walkins Brett à Greenwich. Le câble est composé de six fils de cuivre réunis de la manière suivante : les six fils de cuivre sont chacun enveloppés dans un tube de gutta-percha; puis, tous les six sont fortement unis en faisceau par un assemblage de cordages et de goudron, de façon à former un premier câble d'un centimètre cinq millimètres; vient par là-dessus un faisceau de douze tiges de fer; chacune d'elles a un diamètre de huit millimètres; elles sont cerclées autour du câble; l'ensemble de

ce système présente donc un diamètre d'environ deux centimètres et six millimètres. La longueur totale du conducteur construit à Greenwich était d'environ quarante-cinq lieues, d'une seule pièce.

Le bâtiment à vapeur *Harbinger* fut frété pour transporter cet immense conducteur sur la côte du Piémont et procéder aux travaux de la pose du fil entre le Piémont et le rivage de la Corse. Ce navire allait partir lorsque le gouvernement anglais le mit en réquisition pour un transport de troupes en Orient. Il fallut donc en chercher un autre. L'arrimage d'un câble de plus de quarante lieues de longueur et d'un poids de huit cents tonneaux rendait assez difficile le choix du navire ; on ne put en trouver un qu'au commencement de juin : c'était le *Persian*, du port de huit cents tonneaux. En raison du poids de son chargement, ce *steamer* ne put prendre de charbon que pour la traversée jusqu'à Gibraltar. On mit à la voile avec le câble électrique enroulé autour d'un immense treuil installé sur le pont.

Mais, après une courte traversée, le *Persian*, atteint par le gros temps, fut obligé de relâcher à Plymouth, et, pour réparer ses avaries, il dut s'alléger de soixante kilomètres de câble. On ne pouvait songer à se procurer un autre bâtiment, car les transports pour l'Orient absorbaient en ce moment tous les navires convenables. On se borna donc à réparer le *Persian*, qui, complétement remis en état, repartit le 18 juin, renouvela à Gibraltar sa provision de charbon, et arriva le 18 juillet à Gênes, d'où il se mit en route pour le Piémont; le 18 juillet, il touchait au cap de la Spezzia, qui forme le point de départ du télégraphe sous-marin.

Le 21 juillet, à trois heures et demie, le câble fut déposé à terre au cap Santa-Croce; et tout aussitôt commença l'opération de la pose du fil, qui fut continuée par le *Persian* jusqu'à huit heures et demie du soir; le travail fut

suspendu pendant la nuit : le bâtiment n'avait alors pour toute ancre de retenue que le câble électrique.

Le dévidement et la pose du fil furent repris le lendemain matin à huit heures ; à midi, trente kilomètres étaient placés ; à quatre heures du soir, la sonde indiquait une profondeur de deux cent trente brasses (460 mètres). Mais, en ce moment, le câble se précipita avec une telle vitesse que c'était à peine si les hommes employés à ce travail pouvaient parvenir à l'arrêter ; on y réussit cependant, et on le rendit fixe au moyen de poulies. On fut obligé de couper la partie du câble endommagée par ces accidents, et de réunir ensuite les deux bouts. Trente-six heures furent employées à cette opération.

Le 23, on se disposa à reprendre l'opération de la pose du fil ; la sonde indiquait une profondeur de plus de six cents mètres.

Les sondages pratiqués quelques mois auparavant sur cette partie du trajet du câble télégraphique, n'avaient point accusé l'existence de cette vallée sous-marine qui surpassait de deux cents mètres les plus grandes profondeurs que les ingénieurs avaient signalées entre le Piémont et la Corse ; elle dépassait aussi de beaucoup les profondeurs que l'on avait rencontrées dans l'établissement du télégraphe sous-marin entre Douvres et Calais, comme entre l'Angleterre et la Belgique. Dans ces deux cas, les profondeurs n'avaient pas dépassé un maximum de soixante mètres. Aussi tout le monde était-il convaincu, à bord du *Persian*, que le câble allait se briser sous l'énorme pression qu'il aurait à supporter dans les couches d'eau voisines du sol. Les officiers de la marine sarde, qui prenaient part à cette grande opération, conseillaient de faire un détour de huit milles pour aller chercher les îles de Gorgona et de Carpuja, où la mer n'a qu'une profondeur de deux cents mètres ; il était à craindre, si l'on persistait à

continuer l'opération, de voir le câble électrique se briser, et de perdre ainsi tous les travaux exécutés jusque-là.

Ce parti était sans doute le plus prudent à adopter; cependant M. Brett ne jugea pas à propos de le suivre. Il fit comprendre, avec beaucoup de raison, que le moment était venu de décider une fois pour toutes une question capitale pour la télégraphie sous-marine. En effet, la ligne que l'on s'occupait à établir ne devait point s'arrêter à la pointe de la Corse; elle ne représentait que le début de la ligne grandiose qui, s'élançant de la Corse à la Sardaigne et de la Sardaigne à l'Afrique, ne doit se terminer qu'au fond des Indes. On aurait à rencontrer, dans ce parcours immense, des mers dont la profondeur serait plus considérable encore; il était donc nécessaire de constater tout de suite si l'opération était possible. On se mit résolûment à l'œuvre, et le câble fut abandonné à son poids. Il parut d'abord descendre sur la pente d'une montagne sous-marine longue de plusieurs milles, jusqu'à une profondeur de trois cent soixante à quatre cents mètres; ensuite, on crut sentir qu'il se trouvait tout à coup sur le bord d'un précipice dont le fond n'était pas à moins de sept cents mètres, profondeur qui excédait de plus de cent brasses celle que les cartes indiquaient sur la route suivie jusque-là. Le câble se précipita alors avec une rapidité effrayante, non sans faire courir des dangers et occasionner de graves avaries au navire; s'il n'avait pas été construit avec une solidité parfaite, sa rupture était inévitable. On finit cependant par rencontrer le fond, et la nuit fut employée à réparer les avaries occasionnées au bâtiment par cette opération dangereuse. Le câble fixé au fond de la mer servait seul d'ancre de retenue, et, certes, jamais ancre d'une telle longueur n'avait servi à aucun navire depuis l'époque où le premier navigateur, au cœur armé

d'un triple acier, osa, selon le poëte, braver les dangers de l'élément perfide.

Deux jours après, la pose du fil était complétement terminée ; le 25 juillet, à la hauteur de la tour d'Aguelto, le câble électrique fut attaché au cap Corse.

Ainsi, tout allait bien de ce côté, et pour continuer la grande entreprise si heureusement commencée, il fallait s'occuper de la ligne de télégraphie terrestre qui devait traverser la Corse pour faire suite à ce premier conducteur. Mais, en arrivant en Corse, M. Brett y trouva les ingénieurs et ouvriers de la ligne terrestre malades des fièvres intermittentes qui sévissent dans ces climats. Tous les travaux étaient suspendus ; on ne put les reprendre et les terminer qu'au bout d'un mois. Cependant, le 26 août, la ligne terrestre de la Corse, entièrement construite, put commencer à fonctionner.

Le 29, à quatre heures et demie du matin, le *Persian* procéda à la pose du fil électrique dans le détroit de Bonifacio, entre la Sardaigne et la Corse ; à dix heures du soir, l'opération était entièrement terminée, et le *Persian*, ayant définitivement accompli sa tâche, reprit la route de Gênes pour rentrer ensuite à Liverpool.

La seconde partie du câble sous-marin de l'Algérie a présenté beaucoup plus de difficultés dans son établissement que la première, en raison de la grande distance à franchir, de la profondeur de la mer et des brusques inégalités du fond. Deux tentatives faites en 1855 et 1856 échouèrent complétement. Le 25 septembre 1855, l'aviso français *le Tartare*, aidé du bâtiment anglais *the Result*, commença l'opération, qui consistait à déposer le câble de Cagliari à Bone ; mais le 26 celui-ci se rompit par suite de sa trop grande vitesse de déroulement résultant de l'existence d'une profonde vallée sous-marine.

Un insuccès analogue fut le résultat de la seconde ten-

tative faite en 1856 pour la pose du câble télégraphique de la Sardaigne à la côte d'Afrique. Commencée le 7 août, cette opération se termina le 15 par la perte du câble. Des courants avaient fait dévier le bâtiment dans sa marche, et le conducteur, arrivé près du terme du voyage, ne se trouva pas assez long pour atteindre le rivage de l'Afrique. Pendant que l'aviso *le Tartare* s'empressait, à toute vapeur, d'aller prendre à Alger les chalands ou bouées nécessaires pour retenir le bout libre du câble, la mer, devenue très-forte, brisa et emporta le conducteur.

Enfin, la troisième tentative faite en 1857 pour achever cette œuvre difficile, a pleinement réussi. Les opérations commencèrent le 7 septembre, sous la direction de MM. Newal, ingénieurs anglais, et se terminèrent heureusement le 9. La distance de Cagliari à Bone est de 150 milles marins. Le câble est formé, comme celui de la Corse à l'île de Spezzia, de quatre fils de cuivre protégés par une enveloppe convenable et pouvant servir par conséquent à expédier quatre messages par le même conducteur (1).

D'après les plans et le projet du gouvernement anglais, le télégraphe sous-marin, maintenant parvenu en Afrique, doit se diriger vers l'Égypte et Alexandrie, pour être ultérieurement poussé jusqu'aux Indes. Deux moyens se présentent pour atteindre l'Égypte. On peut déposer les conducteurs télégraphiques dans les bas-fonds, le long des côtes de la Méditerranée, ou bien enfouir sous les sables, le long du rivage, un fil souterrain. M. Brett assure, d'après les rapports des ingénieurs envoyés sur les lieux, que l'un ou l'autre de ces deux moyens, et mieux tous deux ensemble, peuvent être employés sans que l'on ait rien à

(1) Voyez, pour les détails des diverses tentatives faites en 1856 et 1857 pour l'établissement du télégraphe sous-méditerranéen de la France à l'Algérie, notre ouvrage intitulé l'*Année scientifique et industrielle*, 1re et 2e année.

craindre pour la sûreté de la ligne en ces contrées lointaines.

Pour en finir avec cette étonnante réalisation de rêves que l'on croirait empruntés aux orientales chimères des *Mille et une Nuits*, nous parlerons du télégraphe sous-marin transatlantique, destiné à relier l'Europe avec le continent américain.

Depuis les premiers succès de la télégraphie sous-marine, depuis que l'expérience eut démontré avec quelle simplicité, avec quelle régularité admirables fonctionnent les fils conducteurs déposés sur le fond des mers, le magnifique projet de relier les deux mondes par un câble électrique sous-marin n'a pas cessé un moment d'occuper les esprits en Angleterre et en Amérique.

Cette entreprise a paru longtemps devoir présenter des obstacles insurmontables. En admettant que l'on pût rencontrer, sur le bassin de l'Atlantique, un trajet où la profondeur de l'eau ne fût pas trop considérable pour recevoir le câble, comment trouver un temps assez calme, une mer assez paisible, un conducteur assez long, des moyens de transport assez puissants pour l'établissement d'une telle ligne ? Et, ces obstacles aplanis, pouvait-on espérer que l'électricité dégagée par une pile voltaïque aurait assez de puissance pour s'élancer, sans interruption, d'une extrémité à l'autre de cet immense trajet ? Beaucoup de savants n'hésitaient pas à répondre négativement sur ces questions, et particulièrement en ce qui concerne le dernier point, c'est-à-dire la possibilité de faire traverser à l'électricité, sans déperdition du fluide, l'espace entier de l'Océan. Telle était, par exemple, l'opinion de l'un de nos physiciens éminents, de M. Babinet.

Cependant l'industrie anglaise et l'industrie américaine, à tort ou à raison, tiennent ordinairement peu compte des

craintes des savants. En 1853, une compagnie américaine, d'après les ordres du département de la marine aux États-Unis, et avec des bâtiments de l'État, fit procéder aux premières études relatives à l'exécution de ce projet. Ces études furent entreprises sous la direction du lieutenant Maury, l'un des physiciens les plus distingués de l'Amérique. Des premiers travaux de ce savant, il résulta que la voie de l'Irlande à Terre-Neuve, dans l'Amérique septentrionale, serait la plus convenable à adopter pour établir les fils télégraphiques. A la fin de l'année 1853, le lieutenant Berryman exécuta une série de sondages depuis les côtes de Terre-Neuve jusqu'à celles de l'Irlande. Ces opérations hydrographiques eurent pour conséquence de prouver que l'établissement d'un télégraphe électrique sous-marin était possible, ou, du moins, ne pouvait être empêché par les obstacles matériels que présenterait le fond de la mer.

De Terre-Neuve jusqu'en Irlande, en effet, la distance la plus courte est de 2 640 kilomètres, et le fond de la mer, entre ces deux points, est une sorte de plateau très-propre à recevoir et à conserver, sans dommage, les fils télégraphiques (1). Il est assez profond pour que les fils, après qu'ils auront été posés, soient à jamais en sûreté contre les atteintes des ancres, des glaces ou de tous les corps flottants ; et néanmoins la hauteur de l'eau n'est pas assez considérable pour que l'immersion du conducteur puisse présenter des difficultés sérieuses.

La profondeur du bassin de l'Océan entre Terre-Neuve et l'Irlande croît, par une pente régulière, depuis 2 740 mètres, sur les côtes de Terre-Neuve, jusqu'à 3 660 mètres, sur celles d'Irlande. A cette profondeur, les eaux de l'Atlan-

(1) Du cap Freels, à Terre-Neuve, jusqu'à Erris-Head, en Irlande, on compte 2 593 kilomètres, et du cap Charles, dans le Labrador, jusqu'en Irlande, au cap Saint-Louis, la distance est estimée 2 576 kilomètres.

tique sont aussi calmes que celles d'un étang, et le fil, une fois déposé sur le fond, s'y trouvera à l'abri de toute cause de rupture.

Quels que soient, en effet, l'agitation et le tumulte des flots à la surface de la mer, le mouvement des vagues ne se fait plus sentir à une certaine profondeur au-dessous du niveau de l'eau. Ce résultat important a été mis en évidence par une observation en apparence bien futile, mais qui donne une preuve frappante de la liaison qui existe entre tous les faits scientifiques, et qui montre bien que les remarques les plus insignifiantes au premier aperçu peuvent conduire quelquefois aux plus intéressantes inductions.

En examinant au microscope les débris ramenés du fond de la mer par la sonde pendant les opérations du lieutenant Berryman, le professeur Baily reconnut que ces débris ne consistent qu'en coquillages excessivement petits. sans aucune parcelle de sable ou de gravier. Or, comme l'a fait remarquer cet observateur, s'il existait au fond de l'Atlantique, sur les points où ont été opérés les sondages, des courants sensibles et de nature à offenser les câbles télégraphiques, ces courants entraîneraient des parcelles enlevées au fond, telles que du limon ou des grains de sable, et mêleraient ces débris aux coquillages. L'absence de tout débris de ce genre dans les coquillages examinés démontre donc qu'à cette profondeur les eaux de l'Océan n'éprouvent aucune agitation.

Ainsi se trouvait avantageusement résolue la première partie du problème, qui consistait à trouver un tracé convenable pour la direction de la ligne de télégraphie transatlantique.

Un point plus difficile à décider, c'était la possibilité de faire franchir au courant électrique la distance de près de 3000 kilomètres qui sépare l'Irlande de Terre-Neuve. Mais les faits connus permettaient d'espérer la solution de cette

difficulté. En effet, sur le territoire immense des États-Unis, les lignes télégraphiques fonctionnent à des distances de 1280 à 1600 kilomètres (320 à 400 lieues). On est même parvenu à faire exécuter des signaux par un courant électrique sur la ligne non interrompue de Boston à Montréal, qui embrasse une distance de 2414 kilomètres. Enfin le télégraphe a pu jouer, sans aucune interruption dans le conducteur, sur l'étendue totale de la ligne télégraphique qui s'étend entre New-York et la Nouvelle-Orléans, par Charlestown, Savannah et Mobile, et qui a une longueur de 3164 kilomètres (790 lieues).

La difficulté de transporter la masse énorme du câble transatlantique, dont le poids s'élèverait à 121 800 000 kilogrammes, ne pouvait non plus sérieusement arrêter. On n'avait qu'à employer un nombre de bâtiments suffisant pour le transporter en plusieurs fractions. Enfin il ne devait pas être impossible de trouver un temps favorable pour l'immersion de ce conducteur, puisque l'on a rencontré des circonstances assez propices pour pratiquer, sur toute cette ligne, des opérations délicates de sondage et d'hydrographie.

Tous ces faits, toutes les études dont nous venons de rappeler le résultat, parurent suffisants, en Angleterre et en Amérique, pour tenter, avec espoir de succès, la réalisation de ce projet admirable. En 1855, deux compagnies, l'une anglaise, l'autre américaine, se réunirent pour le mettre à exécution. La *Compagnie transatlantique de télégraphie sous-marine*, composée de capitalistes anglais et français, conclut avec la compagnie américaine de New-York, *New-foundland and London telegraphy*, un traité en vertu duquel la première s'engage à construire et à poser, à ses risques et périls, un câble sous-marin destiné à relier l'Irlande à Saint-Jean de Terre-Neuve. Le câble devait être installé pendant l'été de 1857.

A l'époque qui avait été arrêtée par la compagnie anglo-américaine, le conducteur du télégraphe transatlantique était terminé. On avait préparé dans les usines de M. Newal, à Birkenhead, et de MM. Glass et Rhot, à Greenwich, les 2550 milles de câble jugés nécessaires pour l'opération qui consistait à rattacher électriquement l'île de Terre-Neuve et l'Irlande à travers la distance de 2640 kilomètres ou 1 640 milles anglais (660 lieues terrestres de 4 kilomètres) qui sépare en ce point l'Amérique de l'Europe.

Le 31 juillet 1857, une escadrille formée de deux frégates américaines et de trois frégates anglaises commença l'opération difficile du dévidement et de la pose du fil télégraphique au fond de l'océan Atlantique. Mais le succès ne couronna point cette entreprise grandiose. Le 4 août, au moment où l'escadrille se trouvait déjà à la distance de 280 milles de l'Irlande, le fil conducteur se brisa par suite de l'énorme profondeur de la mer qui dépassait 2000 brasses et par l'action des courants sous-marins qui avaient fait dévier une grande longueur de câble. Le poids énorme qui résultait de la suspension du fil au milieu des eaux sans toucher le fond, amena sa rupture, ainsi qu'il arrive à une corde qui, tendue à ses deux extrémités, se rompt quand ses dimensions en longueur dépassent certaines limites, parce qu'elle ne peut plus supporter son propre poids.

Une nouvelle tentative, faite en 1858, a également échoué. Le câble fut jeté d'une extrémité à l'autre de son immense parcours, mais il ne fonctionna que quelques heures (1).

(1) Voir, pour plus de détails sur l'entreprise du télégraphe transatlantique, sur la confection du câble, et sur les circonstances qui ont accompagné sa rupture, l'*Année scientifique et industrielle*, 2e année.

CHAPITRE IX

Description des appareils accessoires de la télégraphie électrique. — Pile voltaïque. — Poteaux. — Supports isolateurs. — Fil conducteur, etc. — Services rendus par la télégraphie électrique. — Messages télégraphiques.

L'ordre historique que nous avons adopté pour l'exposition des faits qui concernent la télégraphie électrique, nous a contraint de négliger certains détails généraux qui se rapportent à la construction et à l'installation des appareils. Nous allons réparer cette omission en décrivant, dans ce dernier chapitre, les instruments accessoires qui sont indispensables pour établir un télégraphe électrique, quel que soit d'ailleurs le système que l'on adopte pour le mécanisme destiné à former les signaux.

Pile. — Nous n'avons à entrer ici dans aucun détail particulier sur la construction et les effets de la pile voltaïque; tout ce qu'il importe de noter, c'est le genre particulier de pile électrique que l'on adopte selon le système télégraphique dont on fait usage. Ce choix est d'ailleurs assez indifférent, car de tous les instruments qui sont nécessaires au matériel d'un télégraphe électrique, la pile est celui dont on se préoccupe le moins, tant son emploi est simple et régulier. Bornons-nous à dire que pour mettre en action les télégraphes où l'on fait usage d'un courant électrique assez énergique, on se sert de la pile de Bunsen : un très-petit nombre d'éléments suffit d'ailleurs pour donner au courant voltaïque l'intensité nécessaire. En Amérique, M. Morse fait encore usage de la pile de Grove, qui offre cependant dans la pratique moins d'avantages que la

précédente. Sur les lignes anglaises, où l'on n'emploie jamais que des courants d'une faible intensité, on se sert d'un appareil générateur, connu sous le nom de *pile à sable*, et qui se compose d'un assemblage de lames de zinc et de cuivre, plongées dans de petites cellules dont les intervalles sont remplis par du sable imbibé d'une petite quantité d'eau acidulée par de l'acide sulfurique. Le nombre de couples est proportionné à la distance qui sépare les stations; en général, on emploie vingt-quatre couples pour une distance de quatre à six lieues, quarante-huit couples pour une distance de quinze à vingt lieues, etc. Montée avec soin, une pile de ce genre fonctionne pendant six ou huit mois, sans qu'il soit nécessaire d'y toucher.

Fils conducteurs. — Les fils qui servent à réunir les stations télégraphiques peuvent se disposer de deux manières : sur des poteaux élevés à quelques mètres au-dessus du sol, et munis de supports isolants, ou dans une tranchée profonde pratiquée dans le sol. Examinons d'abord la première de ces dispositions, la seule adoptée en France, et la meilleure sans aucun doute, puisqu'elle dispense d'isoler les fils sur toute leur étendue.

Au début de la télégraphie électrique, le cuivre fut le seul métal employé pour former la matière des conducteurs; on regardait ce métal comme le seul capable, en raison de son extrême conductibilité, de transporter commodément le fluide électrique à des distances considérables. Cependant on ne se sert plus aujourd'hui que de fil de fer, auquel on donne en France 4 millimètres de diamètre. Le fer a été galvanisé, c'est-à-dire plongé dans un bain de zinc fondu : il se recouvre ainsi d'une enveloppe de zinc; ce métal, se combinant bientôt avec l'oxygène atmosphérique, donne naissance à un oxyde qui entoure le fil de toute part, et le préserve d'une oxydation ulté-

rieure. On pensait, à l'origine, qu'il serait nécessaire de recouvrir le fil, sur toute son étendue, d'une enveloppe de matière isolante, comme on le fait pour le fil des électro-aimants; mais on ne tarda pas à reconnaître que cette précaution est de tous points superflue, et que des supports, mauvais conducteurs de l'électricité, disposés sur les poteaux, et sur lesquels le fil vient reposer de distance en distance, suffisent pour assurer un isolement parfait. Seulement, lorsque plusieurs fils sont supportés par le même poteau, il faut ménager entre eux un certain intervalle, afin d'empêcher que les différents courants qui parcourent les fils placés l'un près de l'autre ne s'influencent et ne se troublent mutuellement.

Si le conducteur d'un télégraphe peut être isolé par des moyens fort simples, quand on le tient élevé en l'air au moyen de poteaux, il n'en est plus de même quand on se propose de l'enfouir sous le sol. La conductibilité de la terre oblige, dans ce cas, d'apporter beaucoup de soin à isoler le métal sur toute son étendue. Cette opération présenta longtemps de grandes difficultés, tout en nécessitant des dépenses considérables. On recouvrait le fil de coton et de gomme-laque, on l'introduisait ensuite dans un petit tuyau de plomb, afin de le préserver de l'humidité du terrain. Mais la découverte de la gutta-percha est venue simplifier beaucoup les procédés pratiques de la télégraphie souterraine. Aujourd'hui, pour assurer l'isolement des fils de cuivre enfouis sous le sol, on se contente de les recouvrir d'une gaîne de gutta-percha *vulcanisée*, c'est-à-dire mélangée, sous l'influence d'une haute température, à 3 ou 4 pour 100 de soufre. Cette espèce de cordon est couché au fond d'une tranchée d'environ 1 mètre de profondeur sur 40 à 50 centimètres de largeur. Les différentes portions du fil, qui sont ordinairement d'une longueur de 200 à 300 mètres, sont réunies par une soudure, et les

soudures enveloppées de gutta-percha. Le fil est recouvert d'une couche de sable, et l'on s'assure, avant de combler la tranchée, que son isolement électrique est complet. Afin de pouvoir s'assurer toujours de l'état des conducteurs enfouis sous terre, on ménage de distance en distance, sur leur trajet, de petites ouvertures nommées *regards*. Si la communication électrique vient à être suspendue par la rupture du fil ou par son altération, ces regards servent à rechercher la partie et le point de la ligne où l'accident s'est manifesté.

La plupart des lignes établies en Prusse fonctionnent au moyen de conducteurs de ce genre. Les lignes de télégraphie souterraine sont celles de Berlin à Cologne et à Aix-la-Chapelle ; — de Berlin à Hambourg ; — de Berlin à Magdebourg, Brunswick, Hanovre ; — de Berlin à Stettin ; — de Berlin à la frontière d'Autriche ; — de Halle à Leipzig et Francfort ; — de Berlin à Kœnigsberg et Dantzig.

La Saxe possède des télégraphes souterrains : de Leipzig à Dresde ; — de Dresde à Kœnigstein ; — de Dresde aux frontières de la Bohême ; — de Dresde à Hof. Ils présentent un parcours d'environ 400 kilomètres.

Les télégraphes souterrains achevés n'existent encore, en Autriche, que dans les principales villes, telles que Vienne, Linz, Trieste.

La Russie a fait exécuter un télégraphe souterrain de Moscou à Saint-Pétersbourg, sur un parcours de 200 lieues environ, et l'on en a établi un autre de Saint-Pétersbourg à Varsovie.

On a construit, en Irlande, une ligne télégraphique souterraine sur un parcours de 200 milles. Enfin, Londres est traversé par un télégraphe souterrain qui relie cette ville aux diverses stations de la province.

La télégraphie souterraine donne le moyen d'établir les lignes électriques dans les pays encore dépourvus de che-

mins de fer : c'est là son principal avantage. Aussi, quand on s'est occupé en France, en 1852, d'établir un réseau de télégraphes électriques indépendant des voies ferrées, a-t-on examiné avec beaucoup de soin la question de la télégraphie souterraine. On s'est décidé à y renoncer par la crainte de rencontrer, avec ce système, beaucoup de difficultés pratiques, et l'on s'est arrêté à l'établissement des fils sur des poteaux disposés le long des grandes routes. Ce parti était le meilleur, par cette considération décisive que les poteaux et les fils conducteurs établis sur les routes pourront être transportés sur les chemins de fer, sans nécessiter aucun changement, au fur et à mesure de la terminaison de ces nouvelles voies.

Poteaux.—Rien de plus simple que les moyens employés aux États-Unis pour élever au-dessus du sol le fil télégraphique. Des poteaux de bois, plantés le long de la voie des chemins de fer, chacun à la distance de 20 à 30 mètres, le maintiennent en l'air à la hauteur de 2 à 3 mètres. Chaque poteau est muni, à son sommet, soit d'un anneau de verre, soit d'une plaque de porcelaine ou de terre cuite, substances mauvaises conductrices de l'électricité, et dont l'interposition suffit pour maintenir l'isolement du fil. De 500 mètres en 500 mètres, on place des poteaux plus forts, nommés *poteaux de traction,* sur lesquels on établit des espèces de cabestans, propres à tendre le fil, et à prévenir de trop grandes inflexions.

Cependant cette disposition pour la pose des conducteurs n'est pas la seule adoptée aux États-Unis. Comme on recherche avant tout l'économie, dans le but de multiplier les lignes, on prend en général la voie la plus courte, et l'on n'hésite pas à placer les conducteurs sur le bord des grandes routes, ou même à travers champs. Sur le trajet des routes, le fil est soutenu, comme le long des chemins de fer, par des poteaux de bois de sapin. Si la ligne prend

à travers la campagne, on utilise souvent les arbres sur pied; on élague les branches, et le tronc, resté debout, sert de support au fil télégraphique. Si l'on rencontre une rivière, un bras de mer qu'on ne puisse franchir, on recouvre le fil de gutta-percha, et on le place tout simplement sous l'eau. C'est ainsi que le télégraphe de New-York à Washington a seize lieues de fil plongé sous l'eau salée. Comme les fils établis dans les champs ont besoin d'être surveillés, on a intéressé à leur conservation les propriétaires des terrains traversés, en leur accordant la faculté de transmettre gratuitement les dépêches qui les concernent. En retour de cet avantage, dont ils sont très-jaloux, ils gardent et surveillent avec soin la portion de ligne établie sur leurs terres.

Les lignes télégraphiques américaines traversent souvent de vastes forêts et d'immenses étendues de terrains incultes et déserts. Le système de suspension et d'isolement du conducteur est alors plus simple encore que le précédent. De longs clous à tête recourbée sont plantés dans les arbres des forêts; à ces clous, on suspend un anneau de verre qui donne passage au fil. Nous avons déjà fait remarquer que ce système, par trop simple, de suspension, devient une source d'interruptions dans le service de la ligne. La séve végétale, qui vient mouiller le conducteur, rend l'isolement imparfait, et les communications sont en outre fréquemment arrêtées par la chute des troncs d'arbres pourris, par les ouragans et les orages.

En France, les poteaux télégraphiques sont faits de bois de pin ou de sapin, de 6 à 9 mètres de longueur, que l'on a préalablement injectés, sur pied, d'une dissolution de sulfate de cuivre, selon le procédé du docteur Boucherie, afin d'augmenter leur durée. On les fiche en terre, les plus petits, à une profondeur de 1 mètre 1/2; les plus élevés, à une profondeur de 2 mètres : le sulfate de cuivre préserve

de toute altération la partie enfouie dans le sol. Quand on doit franchir, sur un chemin de fer, un passage de niveau, ou passer par-dessus les bâtiments d'une station, on donne au poteau une longueur de 9 mètres et demi.

Le support destiné à isoler le fil est une sorte de clochette de porcelaine, que nous représentons dans les deux figures ci-jointes. Dans l'intérieur de la clochette, on scelle, au moyen du soufre, un crochet de fer dont l'extrémité libre se contourne de manière à venir former un anneau dans lequel passe le conducteur. En même temps qu'ils assurent l'isolement du fil, ces petits toits de porcelaine le protégent contre la pluie. Cette précaution est d'ailleurs indispensable, car s'il arrivait que les poteaux fussent mouillés et que les supports isolateurs le fussent également, l'isolement serait imparfait, il s'établirait des courants dérivés, et il faudrait des piles beaucoup plus énergiques pour conserver au courant principal une intensité suffisante. A chaque demi-kilomètre on place un *poteau de traction* muni d'un petit treuil qui est destiné à maintenir et à assurer la tension parfaite du fil conducteur.

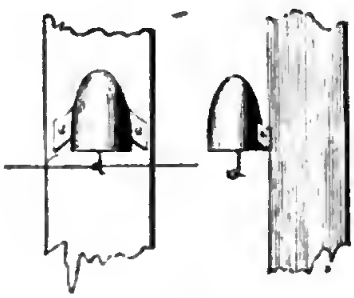


Fig. 9.

La figure qui suit représente le poteau le plus employé en Angleterre comme soutien du fil télégraphique. Une plaque de bois posée sur une plaque pareille de faïence brune qui sert de corps isolant, est fixée contre le poteau à l'aide de boulons de fer. Cette plaque porte quatre petits cylindres de faïence. Les fils conducteurs traversent l'axe de ces cylindres et se trouvent ainsi parfaitement isolés. Un pareil système est établi de l'autre côté du poteau, qui peut de cette manière supporter huit fils. Les deux plaques fixées de chaque côté du poteau sont maintenues au moyen d'une vis

commune et de deux écrous. Enfin un petit toit de faïence ou d'ardoise recouvre le poteau et l'abrite contre la pluie.

Une particularité de la figure 10 n'échappera point au lecteur : c'est la pointe métallique qui surmonte le toit du poteau. Cette partie de l'appareil est loin d'être indifférente; c'est un véritable *parafoudre* destiné à prévenir les effets perturbateurs que l'électricité atmosphérique pourrait exercer sur le courant qui traverse les fils.

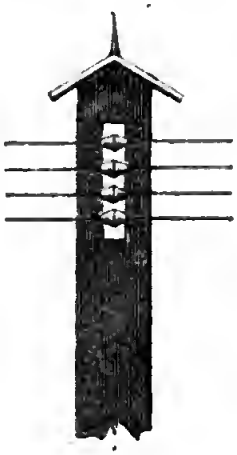


Fig. 10.

L'électricité qui existe à l'état libre dans l'atmosphère peut en effet exercer une certaine influence sur les conducteurs électriques; cette question offre assez d'importance pour être ici examinée en passant.

Les perturbations que l'électricité météorique peut introduire dans le jeu des appareils télégraphiques varient selon l'état de l'atmosphère. Par un ciel serein, l'électricité répandue dans l'air n'exerce aucune action appréciable sur les instruments. Seulement, si le vent vient brusquement à changer, il s'établit un courant qui influence faiblement le conducteur : dès lors l'appareil parle, c'est-à-dire que les signaux, subitement mis en jeu, exécutent pendant quelques instants de brusques oscillations. Si le ciel est couvert et les nuages fortement électrisés, quand le vent vient à les chasser dans la direction du fil, ces nuages agissent sur le conducteur, et les signaux se mettent encore en branle. Dans ces deux cas, cependant, ces effets n'ont rien de fâcheux; ils ne peuvent aucunement troubler le service, car les employés tiennent aisément compte de ces perturbations passagères.

Mais si la foudre éclate, si l'étincelle électrique, partant d'un nuage fortement électrisé, vient à frapper le sol, le fil

métallique du télégraphe offrant à l'écoulement du fluide un passage facile, le conducteur peut être foudroyé. Quels sont les effets de ce coup de foudre? Quelquefois le fil est rompu, les communications sont alors interceptées entre les deux stations; mais ces événements sont extrêmement rares, le fil étant d'un trop fort diamètre pour être aisément fondu. Dans tous les cas, si le fil est fondu, il ne l'est jamais que sur quelques points de sa continuité, et tout se borne à cette rupture. Le plus souvent la foudre, en frappant le conducteur, n'a d'autre effet que de fondre, à l'une des stations télégraphiques, le fil très-fin qui s'enroule autour de l'électro-aimant, c'est-à-dire de l'appareil qui forme les signaux; alors les communications sont arrêtées.

Quand la foudre vient frapper un conducteur, tout le dommage est habituellement supporté par les poteaux. Ils sont renversés ou mis en pièces. Le 17 août 1849, sur la ligne de Vienne, un orage qui avait éclaté à Ollmütz se propagea jusqu'à Triebitz, c'est-à-dire à une distance de 10 milles : un ouvrier occupé à cette station à monter les fils ressentit une douleur qui le renversa, et éprouva une véritable brûlure aux doigts qui avaient touché le métal. Le 25 août, par suite d'un autre orage à Ollmütz, l'électricité, conduite par les fils du télégraphe, foudroya un support aux environs de Brodek. Une partie du courant s'échappa dans le sol le long de ce support, une autre partie fila jusqu'à Prague ; on put s'en assurer par l'inspection du conducteur dont l'extrémité était fondue. Dans la nuit du 18 au 19 juin 1849, un violent orage éclata entre Brünn et Reigen; la foudre brisa complétement deux supports et en endommagea neuf autres. Le 9 juillet, la foudre anéantit trois poteaux situés entre Kindberg et Krieglach, dans la Styrie, et respecta le conducteur. C'est encore aux environs de Kindberg que le tonnerre détruisit les supports télégraphiques le 19 juillet 1850. Les ouvriers occupés à

proximité éprouvèrent un éblouissement, et l'on observa, à l'extrémité d'un des fils situés le long d'un poteau, une aigrette lumineuse. Ainsi, dans ces divers cas, les poteaux de bois avaient seuls supporté les effets de la décharge électrique.

Cependant l'événement a prouvé que la foudre, conduite par les fils conducteurs, peut pénétrer dans l'intérieur d'une station télégraphique et y provoquer des dommages d'une certaine gravité. Un fait de ce genre fut observé, le 21 juin 1853, sur la ligne télegraphique de Poitiers à Tours. Le *Journal de Châtellerault* a donné à ce sujet les détails suivants :

« Mardi 21 juin, vers trois heures de l'après-midi, la foudre, dont les éclairs et les détonations étaient à la fois si intenses et si rapprochés, est tombée entre Ingrande et Châtellerault.

« C'est sur l'un des ponts du chemin de fer, le plus rapproché de la station d'Ingrande, que s'est fait sentir la plus forte commotion. Ces ponts sont construits en pierre, en fer et en bois. Chaque culée ou butée est formée par une maçonnerie très-solidement établie en pierre dure de Chauvigny, avec de petits parapets de couronnement, dont les pierres cubent 75 centimètres. Entre ces culées se trouve jeté un tablier de fonte surmonté de deux rampes faisant l'office de garde-fou.

« Projetée sur ces conducteurs métalliques, la foudre s'est rendue dans les postes télégraphiques. Celui de la station d'Ingrande, qui n'était distant que d'environ 800 mètres du foyer de l'explosion, a été violemment atteint. Les employés avaient quitté la salle et s'étaient réfugiés à l'étage supérieur de la station, lorsque tout à coup une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet se fit entendre et remplit l'air et les appartements de fumée, en ébranlant toute l'habitation.

« La foudre, amenée dans l'intérieur du poste par les fils conducteurs, avait brisé ceux-ci, et, rencontrant des fils plus fins à mesure qu'elle se rapprochait de l'appareil télégraphique, elle les avait brûlés en mettant tout d'abord en fusion les petits fils faisant office de paratonnerre, et isolés à l'intérieur de cylindres de verre; les boussoles furent cassées, une aiguille fondue, et

les bobèches sur lesquelles sont enroulés les fils de fer entortillés de fils de soie furent brûlées.

« Pendant que tous ces événements se passaient au pont et à la station d'Ingrande, voici ce qu'éprouvait, de son côté, le poste télégraphique de Châtellerault. Dans le même moment, et presque à la même heure où le tonnerre grondait si fort, les employés étaient occupés à faire passer une dépêche, lorsque l'un d'eux, très-expérimenté, reconnut, à certains pétillements de l'appareil, qu'il y avait une surcharge d'électricité. « Retirons-nous, messieurs, s'écria-t-il, il pourrait y avoir du danger.

« A peine étaient-ils sur le seuil de la porte, qu'une détonation violente avec production de flamme se fit entendre. On regarde, et l'on constate que l'appareil télégraphique est brisé, son paratonnerre brûlé, les cylindres de verre sont jetés à distance. Chose remarquable, l'électricité avait laissé la trace de son passage sur le mur en ligne droite, en enlevant le papier par ricochets et en sens opposé des autres conducteurs, restés intacts et dans une direction qui était celle du calorifère du cabinet.

« Enfin, quatre des poteaux de sapin servant de supports aux lignes télégraphiques, et qui étaient voisins du pont d'Ingrande, ont été renversés, l'un d'eux tordu sur lui-même et les trois autres brisés en éclats, déchirés avec torsion des fibres ligneuses sur elles-mêmes et jusqu'au centre de l'arbre résineux. »

Un accident du même genre fut observé au mois de juillet 1855 sur la ligne d'Orléans. On lisait à ce sujet les détails suivants dans un journal :

« Le 9 juillet 1855, vers onze heures du matin, une décharge électrique a eu lieu sur les fils télégraphiques de Paris à Orléans, à 400 mètres environ de la station de Château-Gaillard, vers Artenay, à 7 kilomètres de la magnifique ferme de la Grange, incendiée au même instant par la foudre. Trois poteaux ont été brisés, et les porcelaines sur lesquelles roulent les fils ont volé en éclats sur la voie. Le fluide, parcourant les fils, est entré dans le bureau du chef de gare en faisant une explosion épouvantable. Son cours a été arrêté par le paratonnerre, dont il a noirci et quelque peu émoussé les dentures de la touche de terre, sans pourtant les avoir endommagées. Les aiguilles des deux boussoles ont été mises hors de service.

« Le cantonnier a ressenti, dans sa maison, située à peu de distance, une violente commotion, et il a vu, dit-il, un globe de feu tomber sur les fils. Le lendemain matin, les poteaux et les aiguilles des boussoles ont dû être remplacés. »

Si le coup de foudre n'a pas assez de violence pour endommager les supports placés le long de la voie, ou pour rompre le fil de l'électro-aimant, il peut cependant produire encore certains effets désagréables. La présence, dans les conducteurs, d'un excès d'électricité étrangère, fait que l'électro-aimant est à diverses reprises fortement attiré, et qu'il s'établit ainsi, dans l'appareil destiné à former les signaux, une série d'oscillations folles qui persistent pendant plusieurs minutes. Sur le télégraphe de Morse, qui, comme on le sait, écrit lui-même ses dépêches, on voit quelquefois l'instrument, subitement mis en action par l'électricité atmosphérique, inscrire sur le papier une série de signes confus et précipités ; c'est l'éclair qui envoie son message et qui consigne lui-même sa présence par écrit.

Ajoutons enfin que l'appareil télégraphique peut être influencé, bien que la foudre n'ait pas directement frappé le conducteur. Quand un nuage électrisé se décharge à quelque distance du fil du télégraphe, il s'établit aussitôt dans le conducteur un de ces courants électriques que l'on nomme *courant d'induction*, et qui est provoqué par le voisinage de la décharge atmosphérique ; ce nouveau courant fait encore parler les appareils, mais ce dernier accident n'a aucune importance.

En résumé, et si l'on fait abstraction de quelques événements accidentels dont la gravité ne peut être prise comme règle, il est permis d'affirmer que les troubles occasionnés dans les appareils télégraphiques par l'électricité de l'atmosphère n'ont habituellement rien de grave, et ne peuvent que très-rarement compromettre le service. L'expé-

rience a bien vite éclairé les employés sur la nature de ces perturbations, et la transmission des dépêches ne peut jamais en être compromise d'une manière durable. Pour combattre les mauvais effets de la présence de l'électricité atmosphérique sur les fils conducteurs, il suffit presque toujours d'augmenter l'intensité du courant de la pile, au point de le rendre supérieur au courant perturbateur. Aussi les irrégularités du genre de celles qui nous occupent n'ont-elles été remarquées que dans les télégraphes où le courant électrique se trouve réduit à la plus faible intensité possible; dans ceux où l'on emploie des courants énergiques, les troubles de ce genre sont rares ou insignifiants, C'est pour cela que sur les lignes françaises où l'on fait usage, comme nous l'avons dit, de courants électriques d'une intensité notable, on se dispense de munir les poteaux d'appareils destinés à combattre les effets de ce genre. Les pointes métalliques qui, sur les lignes télégraphiques de l'Angleterre, surmontent les petits toits placés sur chaque poteau, suffisent pour détruire l'influence de l'électricité météorique. Comme ces pointes communiquent avec la terre par le poteau qui les supporte, l'électricité atmosphérique s'écoule ainsi, comme par un petit paratonnerre, dans la masse conductrice du sol, et ne peut exercer sur les appareils aucune action fâcheuse. Ce petit instrument peut même préserver le poteau d'un coup de foudre, quand la décharge atmosphérique n'est pas trop violente.

Nous voudrions, pour terminer cette exposition, donner quelques indications précises sur les frais d'installation des télégraphes électriques; mais ces données varient trop, selon les pays, pour se prêter à une évaluation générale. C'est ainsi qu'aux États-Unis, les frais d'établissement des télégraphes changent selon la contrée. Dans l'ouest, où la

main-d'œuvre et les matériaux sont d'un prix élevé, la ligne télégraphique revient à 466 francs par kilomètre; dans l'est, où les matériaux sont sans valeur, mais où la main-d'œuvre est chère, le prix s'élève à 503 francs par kilomètre. Selon M. Jules Coutin, le prix moyen d'évaluation, pour une ligne dans des conditions ordinaires, serait fixé, en Amérique, à 621 francs par kilomètre.

En Angleterre, le télégraphe électrique, monté sur poteaux, revient à 770 francs par kilomètre.

En France, la construction d'une ligne électrique, formée de cinq fils de fer, revient, dit-on, avec les appareils, la pose des fils, etc., à environ 800 francs par kilomètre.

Les frais d'établissement pour la télégraphie souterraine ont été évalués à 848 francs pour la même distance.

Toutefois, les frais de construction d'un télégraphe électrique fussent-ils beaucoup plus considérables qu'ils ne le sont, cette considération ne pourrait, dans aucun cas, opposer à son établissement un obstacle sérieux. La question des frais d'installation est ici entièrement secondaire, car les télégraphes, livrés au public, deviennent pour l'État la source d'un revenu important qui couvre une grande partie de ses avances. D'un autre côté, la vitesse prodigieuse de l'expédition représente une autre source d'économie. La télégraphie aérienne, quand elle était en usage, coûtait annuellement près d'un million au budget; mais le gouvernement ne s'en inquiétait guère, car cette dépense était couverte en grande partie par les économies que l'on réalisait sur les estafettes et les courriers. Qu'est-ce donc aujourd'hui, où la vitesse est centuplée, et quand le télégraphe peut fonctionner en toute saison, à toute heure de la nuit, à toute heure du jour, sans rien perdre de sa prodigieuse rapidité?

Nous n'avons pas la prétention d'étonner nos lecteurs

en leur parlant de la merveilleuse promptitude avec laquelle les dépêches sont transmises par le télégraphe électrique. Nous ne pouvons cependant nous dispenser de citer ici quelques exemples susceptibles de donner en quelque chose la mesure de cette vitesse. Nous nous bornerons toutefois à un petit nombre de faits, dont la plupart même se rapportent à l'époque des débuts de la télégraphie électrique.

Le discours prononcé en 1846 par le président des États-Unis, annonçant la déclaration de guerre contre le Mexique, discours qui occupait deux longues colonnes en petit caractère, dans un journal de la plus grande dimension, fut transmis en entier par le télégraphe de M. Morse, et copié en moins de trois heures. Pendant cette longue communication, le télégraphe transcrivait 84 lettres par minute, c'est-à-dire le double de ce que l'inventeur avait promis.

Le discours de Henri Clay sur la guerre du Mexique, prononcé en 1849, dans le congrès des États-Unis, fut transmis en deux heures de Cincinnati à New-York, avec une exactitude inappréciable, quoique le résumé n'occupât pas moins d'une colonne et demie d'un journal, petit texte.

En 1849, le volumineux message du président Polk, contenant plus de 50 000 mots, fut transporté en un jour de Baltimore à Saint-Louis, alimentant de copies sur son passage dix-sept villes des États-Unis. Encore faut-il en déduire deux heures perdues à la suite d'un orage.

Le discours du roi des Belges, à l'ouverture des Chambres de 1849, était entièrement parvenu à Anvers quarante-sept minutes après avoir été prononcé à Bruxelles. Ce discours ne comprenait pas moins de 842 mots formant 4 600 lettres. La transmission de cette dépêche avait donné lieu à 11 660 mouvements télégraphiques.

Le discours de la reine d'Angleterre pour la prorogation du Parlement, en 1849, fut expédié de Londres à Norwich, à la distance de 61 lieues, en moins de dix-huit minutes.

La nouvelle de la mort de l'empereur Nicolas, en 1855, est parvenue de Saint-Pétersbourg à Londres en quatre heures et quart. On a remarqué, à cette occasion, que la dépêche annonçant la mort de l'empereur Paul, en 1801, avait mis vingt et un jours à arriver à Londres.

Le discours prononcé par l'empereur des Français, le 18 janvier 1858, pour l'ouverture de la session législative, fut transmis de Paris à Alger en deux heures. Expédié dans la soirée du 18, il était affiché, le 19 au matin, dans les rues d'Alger.

Pendant la guerre de Crimée, au moment du siége de Sébastopol, une dépêche pouvait être transmise en treize heures du camp français à Paris, grâce au fil du télégraphe électrique qui s'étendait de Paris en Crimée. Ce fil n'interrompait son cours qu'à divers intervalles qui, réunis, pouvaient être franchis en douze heures par des courriers. La distance était de 900 lieues.

Aujourd'hui on reçoit à Londres des nouvelles de l'Inde en vingt-cinq jours; la distance est d'environ 5 000 lieues.

Examinons maintenant avec quelle rapidité, ou plutôt avec quelle lenteur les nouvelles importantes se transmettaient autrefois. Nous choisirons trois exemples : la nouvelle de la bataille de Fontenoy, celle de la bataille d'Austerlitz et celle de la prise d'Alger.

La bataille de Fontenoy, gagnée sur les Anglais par le roi Louis XV et le maréchal de Saxe, fut livrée le 11 mai 1745; la nouvelle n'en fut connue à Paris, et annoncée par la *Gazette de France,* que le 15 mai suivant, c'est-à-dire quatre jours après.

La bataille d'Austerlitz, livrée le 2 décembre 1805, n'apparut au *Moniteur* que le 12 décembre suivant, c'est-à-dire

dix jours après; elle fut apportée par le colonel Lebrun, aide de camp de l'empereur Napoléon Ier. Le rapport détaillé de cette mémorable bataille, qui forme le trentième des bulletins de la grande armée, ne fut publié que quatre jours après, c'est-à-dire le 16 décembre, par le *Moniteur*.

La prise d'Alger eut lieu le 5 juillet 1830; la nouvelle n'en fut connue à Paris que le 13 juillet au soir.

Ainsi donc, en 1745, il fallait quatre jours pour connaître le résultat d'une bataille importante livrée à Fontenoy, éloigné seulement de Paris d'environ 75 lieues. En 1805, il fallait dix jours pour connaître le résultat d'une bataille livrée à Austerlitz, éloigné de Paris d'environ 400 lieues. En 1830, il fallait huit jours pour avoir à Paris des nouvelles d'Alger.

En 1855, il a suffi de treize heures pour connaître à Paris le résultat du siége de Sébastopol, ville éloignée de Paris d'environ 900 lieues. En 1858, il suffit de vingt-cinq jours pour faire savoir à Londres ce qui se passe dans l'Inde, à 5000 lieues de distance, et de deux heures pour transmettre un discours de quatre pages de Paris à Alger.

Citons maintenant quelques-uns des nombreux services rendus jusqu'à ce jour par le télégraphe électrique.

Cet instrument a déjà été mis à profit pour la détermination des longitudes. Au mois de juin 1844, la différence de longitude entre Washington et Baltimore fut déterminée par ce moyen, sous la direction de M. Morse. Un signal télégraphique permit à deux personnes en station, l'une à Washington, l'autre à Baltimore, de comparer au même instant deux horloges mises respectivement à l'heure exacte de chacune de ces villes. Le même moyen a été employé au mois de mai 1854 par MM. Airy et Le Verrier, directeurs des observatoires de Greenwich et de Paris, pour déterminer la différence de longitude entre ces deux villes.

Le télégraphe électrique est quelquefois employé sur les

longues lignes américaines pour annoncer les tempêtes. En 1850, le télégraphe électrique de Chicago signala aux patrons de navires des ports de Cleveland et de Buffalo, ainsi qu'aux navires qui parcouraient le lac Ontario, l'approche d'une tempête venant du nord-ouest. L'ouragan ne traverse l'atmosphère qu'avec une rapidité d'environ 25 lieues à l'heure; il est donc facilement devancé par le télégraphe électrique. Un navire qui s'apprête à partir de New-York pour la Nouvelle-Orléans, peut apprendre par ce moyen, vingt heures à l'avance, qu'une tempête règne dans le golfe du Mexique.

Sur les chemins de fer, le télégraphe électrique est d'une utilité immense. Les services qu'il rend dans ce cas particulier sont beaucoup plus étendus qu'on ne l'imagine. Pour la facilité du service, pour la sécurité de la voie, le télégraphe électrique est une annexe devenue aujourd'hui tout à fait indispensable des voies ferrées. C'est grâce à l'échange continuel de signaux expédiés d'une station à l'autre que d'innombrables trains peuvent, dans une seule journée, circuler sur une même ligne. Si donc le télégraphe électrique a reçu des chemins de fer un appui précieux à l'origine, en lui ouvrant une voie sûre, courte et bien surveillée, en revanche la télégraphie électrique a payé au centuple, on peut le dire, les services qu'elle avait reçus d'eux à l'époque de ses débuts.

Les journaux anglais et américains se plaisent à raconter des faits particuliers qui viennent, par intervalles, prouver d'une manière frappante tous les avantages du télégraphe électrique dans les rapports privés des citoyens.

En 1848, un convoi de chemin de fer avait apporté à Norwich la nouvelle de la chute du pont suspendu de Yarmouth. Qu'on juge de l'inquiétude et de l'effroi des habitants : ils avaient presque tous leurs enfants en pension à Yarmouth! Ils coururent en foule à la station du chemin

de fer, demandant à grands cris des nouvelles de leurs enfants : « Tous les enfants sont sauvés ! » dit le télégraphe électrique.

Au mois d'octobre 1846, un déserteur du vaisseau américain *la Pensylvanie*, en rade à Norfolk, emporta au comptable du navire une somme de 3000 francs, et prit, avec le produit de ce vol, le chemin de fer de Baltimore. Le fait reconnu, le comptable se rendit en toute hâte à la station télégraphique de Washington, et fit transmettre à Baltimore le signalement du coupable, avec ordre de l'arrêter. Dix minutes après, la police de Baltimore tenait entre ses mains l'ordre d'arrestation, et au bout d'une demi-heure arrivait à Washington la dépêche suivante : « Le « déserteur est arrêté, il est en prison ; que faut-il en « faire ? »

On a vu plusieurs fois, en Amérique et en Angleterre, deux amateurs d'échecs, placés à cinquante lieues de distance, faire leur partie par le télégraphe aussi facilement que s'ils étaient assis en face l'un de l'autre.

Un mariage fut célébré en 1846, par l'intermédiaire du télégraphe électrique, entre deux personnes dont l'une habitait Boston et l'autre Baltimore, et qui trouvèrent commode d'arranger, sans se déplacer, cette petite affaire. Mais la validité d'un tel mariage devint, à bon droit, la cause d'un procès.

Pendant la célébration d'une messe de mariage dans une paroisse d'Angleterre, l'une des demoiselles d'honneur de la mariée s'esquiva de l'église, et disparut avec l'un de ses admirateurs. Le télégraphe électrique fut aussitôt mis en réquisition sur toutes les lignes de chemins de fer, pour donner l'ordre d'arrêter les fugitifs, fortement soupçonnés d'aller invoquer l'assistance du forgeron de Gretna-Green. Le télégraphe ne fonctionna que trop bien, car en même temps que les coupables étaient réjoints, quatre couples

de jeunes époux, très-légitimement unis dans la matinée, se trouvaient arrêtés sur d'autres points de la même ligne, et voyaient leurs excursions matrimoniales désagréablement suspendues par l'intervention de la police.

Le télégraphe électrique a été mis quelquefois au service de la médecine. Le malade et le médecin étaient installés chacun à l'une des stations; le malade transmettait les symptômes de son mal, et le docteur donnait la réplique par l'envoi de son ordonnance. On lisait ce qui suit, dans un journal américain :

« Hier, avant midi, un monsieur entra dans le cabinet du télégraphe, à Buffalo, et témoigna le désir de consulter le docteur Steven, résidant à Lockport. Prévenu de ce désir, le docteur se rendit au cabinet électrique de Lockport. Le monsieur lui annonça alors que sa femme était gravement malade, et lui fit connaître les symptômes caractéristiques de la maladie. Le médecin indiqua les remèdes à employer. Tous deux convinrent ensuite, si la malade n'allait pas mieux, de se retrouver le lendemain matin aux extrémités de la ligne télégraphique. Le lendemain le monsieur ne parut point. Sans doute, la consultation avait amené une guérison subite. »

Ou bien encore, osons-nous ajouter, la malade était morte, en dépit de la consultation électrique.

Sur quelques-uns de nos chemins de fer, sur celui de Strasbourg, par exemple, une heure avant l'arrivée à la station où a lieu le temps d'arrêt pour le dîner, on demande le nombre des voyageurs qui désirent y prendre part, et à l'arrivée, le maître d'hôtel, prévenu par le télégraphe, tient le dîner servi.

Ce que l'on fait chez nous pour la masse des voyageurs, on le fait aux États-Unis pour chaque voyageur en particulier. Sur le chemin de fer de New-York à Buffalo, on remet à chaque voyageur, en lui délivrant son bulletin, une carte d'objets de consommation sur laquelle sont indiqués les

différents mets qu'on peut trouver à la station intermédiaire où l'on s'arrête pour déjeuner. Le voyageur fait son choix, désigne dans un bureau particulier les plats qu'il désire à son déjeuner, et reçoit en échange un numéro; à son arrivée à la station, il se met à table à la place qu'indique son numéro, et trouve servi le déjeuner qu'il a commandé. Pendant que la vapeur l'emportait, le télégraphe a pris les devants dans l'intérêt de son estomac.

Le 1er janvier 1850, le télégraphe électrique prévint en Angleterre une grave catastrophe. Un train vide s'étant choqué à Gravesend, le conducteur fut jeté hors de la machine, et celle-ci continua à courir seule et à toute vapeur vers Londres. Avis fut immédiatement donné par le télégraphe à Londres et aux stations intermédiaires; ensuite le directeur s'élança sur la ligne, avec une autre machine, à la poursuite de l'échappée; il l'atteignit et manœuvra de manière à la laisser passer; puis il se mit en chasse après elle. Le conducteur de la machine réussit enfin à s'emparer de la fugitive et tout danger disparut. Onze stations avaient déjà été traversées, et la locomotive n'était plus qu'à deux milles de Londres quand on l'arrêta. Si l'on n'avait pas été prévenu de l'événement, le dommage causé par la locomotive aurait surpassé la dépense de toute la ligne télégraphique. Ainsi le télégraphe paya ce jour-là le prix de son installation.

Un second fait du même genre arriva, pendant la même année, sur le chemin de fer de Londres au Nord-Ouest. Par un de ces jours sombres et brumeux si communs en Angleterre, une locomotive abandonnée par mégarde à elle-même prit tout à coup son essor, et s'élança en pleine vapeur, avec une vitesse effrayante, vers la gare d'Easton. Tous ceux qui la virent s'échapper sans guide, sur un chemin parcouru par de nombreux convois, s'attendaient à des accidents terribles. Mais le télégraphe électrique eut

bientôt dépassé la fugitive, et en quelques minutes l'événement était transmis à la station de Camden. On eut le temps de tourner les aiguilles de manière à diriger la locomotive égarée sur une voie latérale, où elle ne rencontra que quelques wagons de charge qui arrêtèrent sa course désordonnée.

Le 22 décembre 1854, il se passa sur le chemin de fer de Riom à Dax, dans le département des Landes, un épisode des plus émouvants. Dans un wagon occupé par plusieurs voyageurs se trouvait une dame des environs de Dax, avec sa fille, âgée d'environ trois ans. Celle-ci, dans un brusque mouvement, se jette contre la portière, qui s'ouvre; l'enfant tombe sur la voie. La mère, éperdue, veut se précipiter après sa fille; mais les voyageurs la retiennent, et joignent leurs cris à ceux de cette infortunée pour faire arrêter le train. Malheureusement ces cris ne sont pas entendus, et l'on arrive à la gare de Dax, où se trouvait le père de la petite fille, attendant la venue du convoi. On juge de la poignante scène qui se passa entre cette mère éplorée et son mari.

Mais déjà le télégraphe électrique avait signalé l'événement sur la ligne, et arrêté à Riom un nouveau convoi qui se mettait en route. Une locomotive de secours est expédiée, de la gare de Dax, sur le lieu de l'accident. En approchant de l'endroit désigné, la locomotive ralentit sa marche, et bientôt les éclaireurs aperçoivent la petite fille endormie sur la voie, la tête appuyée sur un rail. Elle est aussitôt recueillie, et la locomotive revient à toute vitesse à son point de départ. L'enfant, à son arrivée, se jette dans les bras de sa mère, et après l'avoir couverte de baisers lui dit :

— J'ai faim, maman, donne-moi du pain !

Les journaux anglais ont raconté avec beaucoup de détails le fait suivant, qui produisit à Londres une vive sen-

sation, et qui fournit, en effet, une preuve éclatante de l'utilité du télégraphe électrique.

Au mois de janvier 1844, un horrible assassinat fut commis à Salthill. L'assassin, nommé John Tawell, s'étant rendu précipitamment à Slough, y prit une place pour Londres dans le train du chemin de fer, qui passait, à cette station, à sept heures quarante-deux minutes du soir. La police, avertie du crime, était déjà à sa poursuite. Elle arriva à Slough, sur les traces du coupable, presque au moment où le convoi du chemin de fer devait entrer dans Londres. Mais le télégraphe électrique fonctionnait, et pendant que le meurtrier, confiant dans la vitesse extraordinaire du convoi, se croyait en sûreté parfaite, le message suivant volait sur les fils du télégraphe :

UN ASSASSINAT VIENT D'ÊTRE COMMIS A SALTHILL. ON A VU CELUI QU'ON SUPPOSE ÊTRE L'ASSASSIN PRENDRE UN BILLET DE PREMIÈRE CLASSE POUR LONDRES, PAR LE TRAIN QUI A QUITTÉ SLOUGH A SEPT HEURES QUARANTE-DEUX MINUTES DU SOIR. IL EST VÊTU EN QUAKER AVEC UNE REDINGOTE BRUNE QUI LUI DESCEND PRESQUE SUR LES TALONS. IL EST DANS LE DERNIER COMPARTIMENT DE LA SECONDE VOITURE DE PREMIÈRE CLASSE.

Arrivé à Londres, John Tawell se hâta de monter dans l'un des omnibus du chemin de fer. Blotti dans un coin de la voiture, il se croyait dès ce moment à l'abri de toutes les atteintes de la justice. Cependant le conducteur de l'omnibus qui n'était autre chose qu'un agent de police déguisé, ne le perdait pas de vue, sûr de tenir son homme, comme un rat dans une souricière. Parvenu dans le quartier de la Banque, John Tawell descendit de l'omnibus, se dirigea vers la statue du duc de Wellington et traversa le pont de Londres; il entra ensuite au café du Léopard, dans le Borough, et se retira enfin dans une maison garnie du voisinage. L'agent de police qui, attaché à ses pas, l'avait

suivi dans toutes ses évolutions, entra après lui, et tenant la porte entr'ouverte, lui demanda d'un ton calme :

— N'êtes-vous pas arrivé ce soir de Slough?

A cette question si effrayante pour le coupable, John Tawell se troubla et balbutia un *non* qui était l'aveu de son crime. Arrêté aussitôt, il fut mis en jugement, condamné comme assassin et pendu.

« A quelques mois de là, dit le journal *the Family Library*, nous faisions le trajet de Londres à Slough, par le chemin de fer, dans une voiture remplie de personnes étrangères les unes aux autres. Tout le monde gardait le silence, comme c'est assez généralement l'usage des voyageurs anglais. Nous avions déjà parcouru près de quinze milles sans qu'un seul mot eût été prononcé, lorsqu'un petit monsieur, à la taille épaisse, au cou court, à l'air d'ailleurs très-respectable, qui était assis à l'un des coins de la voiture, fixant les yeux sur les poteaux et les fils du télégraphe électrique, qui semblait voler dans un sens opposé au nôtre, murmura tout haut, en accompagnant son observation d'un mouvement de tête significatif :

« *Voilà les cordes qui ont pendu John Tawell!* »

LA GALVANOPLASTIE

ET

LA DORURE CHIMIQUE

On a dit souvent que la sagesse et le génie de la création se manifestent avec autant d'évidence dans les faits les plus humbles du monde physique que dans les plus imposants phénomènes dont la nature étale à nos yeux la magnificence et l'éclat. La structure intime du germe contenu dans un fruit, l'admirable disposition des yeux microscopiques de certains insectes, les premiers linéaments de la vie apparaissant au sein de la trame végétale, toutes ces actions presque invisibles qui s'accomplissent dans un espace inappréciable à nos sens, révèlent avec autant de force la prévision infinie de la nature que le brillant aspect de nos campagnes décorées des riches présents de Dieu. Cette pensée ne perd rien de sa justesse, transportée dans le domaine des sciences. Pour comprendre toute la valeur des sciences modernes, il n'est pas nécessaire d'invoquer leurs plus imposantes créations. Ni la locomotive ardente courant au fond de nos vallées, ni le navire immense se jouant sur les flots, grâce à la secrète impulsion de la vapeur, ni ces machines admirables, où la force d'un seul homme, appliquée au bout d'un levier, se trouve, par les combinaisons infinies de la mécanique, centuplée à l'autre

extrémité, aucun de ces grands spectacles si justement admirés n'est nécessaire au but dont nous parlons. Pour deviner toute la portée future des inventions de notre époque, il suffit de jeter les yeux sur une plaque métallique de quelques centimètres, sur une lame d'argent portant une empreinte daguerrienne, ou sur une épreuve de cuivre galvanoplastique. La science qui, dans un instant indivisible, a su imprimer sur une surface inerte cette merveilleuse image des objets qui nous entourent; celle qui, par l'action obscure et insaisissable d'un courant électrique, a plié le métal rebelle à tous les caprices, à toutes les fantaisies de la volonté, est évidemment destinée à accomplir un jour des prodiges dont tous les progrès réalisés aujourd'hui seraient impuissants à nous fournir la mesure.

La galvanoplastie est en effet, de toutes nos inventions, celle qui prépare à l'avenir les plus singuliers, les plus étonnants résultats. Dans un temps plus ou moins prochain, elle menace les formes et les procédés actuels de l'industrie de perturbations profondes. Par elle, la pile voltaïque, descendue du laboratoire du savant, est venue s'asseoir dans l'atelier, et les procédés scientifiques ont trouvé leur place dans les opérations des arts. Le rôle de la pile, comme agent de l'industrie, est destiné à acquérir tôt ou tard une importance infiniment plus sérieuse, et le moment n'est peut-être pas très-éloigné où les courants électriques et les traitements par les réactifs remplaceront, dans nos usines, les grandes opérations par le feu. Alors les ateliers de la métallurgie présenteront un spectacle extraordinaire. Au lieu de ces foyers immenses qui dressent éternellement vers le ciel leurs tourbillons enflammés, un instrument presque informe, composé de l'assemblage de deux métaux sans valeur, accomplira les mêmes opérations sans dépense, sans bruit, sans appareil visible. Au lieu de ces bruyantes armées d'ouvriers qui s'a-

gitent jour et nuit dans une fournaise ardente, consumés par le feu, noircis par la fumée, livrés aux labeurs les plus rudes, on verra, dans une série de beaux laboratoires, une légion de tranquilles opérateurs s'appliquer à manier en silence les appareils d'électricité, et soumettre les minerais et les métaux au jeu varié des affinités chimiques.

Cette pensée paraîtra sans doute à bien des lecteurs empreinte d'une singulière exagération. C'est qu'en effet la galvanoplastie est encore parmi nous assez peu connue. Il nous suffira donc, pour justifier notre pensée, de décrire ses procédés, l'état présent de cet art nouveau, et les applications qu'il a reçues. On comprendra, d'après les résultats obtenus aujourd'hui, ce que l'avenir peut attendre de cette nouvelle et brillante application des travaux scientifiques de notre époque.

On donne le nom de *galvanoplastie* à un ensemble de moyens qui permettent de précipiter sur un objet par l'action d'un courant galvanique, un métal en dissolution dans un liquide, de manière à former à la surface de cet objet une couche continue qui représente exactement tous les détails de l'original.

Les opérations galvanoplastiques permettent de reproduire les médailles, les monnaies, les sceaux, les cachets, les timbres, les bas-reliefs et les statues. Les chefs-d'œuvre de la sculpture, reproduits à peu de frais, peuvent ainsi devenir populaires, et, multipliés indéfiniment, braver les injures du temps et les atteintes des hommes. La galvanoplastie est donc à la sculpture ce que l'imprimerie est à la pensée humaine. Elle peut encore multiplier à volonté une planche de cuivre gravée, et rendre ainsi éternel le type primitif sorti des mains de l'artiste. Elle est en mesure d'apporter de sérieux perfectionnements à l'art déjà si avancé de la typographie : elle donne le moyen de fabri-

quer des moules pour la fonte des caractères d'imprimerie et même des caractères pour l'impression. Dans une sphère différente, la galvanoplastie vient en aide aux besoins de la vie, en recouvrant, par des procédés simples et peu coûteux, nos ustensiles domestiques d'une couche protectrice d'un métal inaltérable, comme l'or, le platine ou l'argent. Enfin, se prêtant à tous les caprices de l'art, elle permet de reproduire en cuivre les moules obtenus avec toute espèce d'objets naturels, tels que des fruits, des végétaux, des parties d'organes empruntées aux animaux ou aux plantes.

Tels sont, en quelques mots, les principaux objets qui forment le domaine de la galvanoplastie. Essayons maintenant d'exposer les recherches qui ont amené la création de cet art nouveau ; nous ferons connaître ensuite les principes scientifiques qui lui servent de base, et les applications principales qu'il a trouvées jusqu'à ce jour dans la pratique des arts.

CHAPITRE PREMIER.

Découverte de l'électro-chimie. — Volta. — Brugnatelli. — M. de la Rive. — Travaux de M. Thomas Spencer et de Jacobi.

La métallurgie électro-chimique a eu la singulière destinée d'être découverte à la fois par deux physiciens placés aux deux extrémités de l'Europe, qui n'avaient eu mutuellement aucune connaissance de leurs travaux respectifs. Dans l'année 1837, M. Thomas Spencer en Angleterre, et le professeur Jacobi en Russie, découvraient, chacun de son côté, ses principes essentiels, et réalisaient ses applications les plus délicates.

Volta avait à peine accompli, au commencement de notre siècle, la découverte de la pile électrique, qu'il observa une de ses propriétés les plus remarquables, c'est-à-dire la décomposition chimique que cet appareil fait éprouver aux substances soumises à son action. Ce physicien célèbre constata, dès l'année 1800, que la dissolution d'un sel métallique, soumise à l'influence de la pile, se trouve aussitôt réduite en ses éléments, de telle sorte que le métal vient se déposer au pôle négatif. Ce grand phénomène devint bientôt l'objet d'un nombre considérable d'études et d'expériences théoriques qui devaient largement agrandir le champ de nos connaissances dans le domaine de l'électricité.

Brugnatelli, élève et collaborateur de Volta, qui professait à Pavie, sa ville natale, s'occupa dès la fin de l'année 1800 de l'étude expérimentale de l'action du courant électrique sur les dissolutions métalliques. En 1801 et 1802, il publia dans un recueil scientifique italien *Annali di chimica di Pavie* (1), divers mémoires concernant les précipitations métalliques provoquées par l'électricité. Brugnatelli, dès l'année 1801, avait réussi à dorer l'argent au moyen de la pile en conservant à l'or tout son brillant métallique. Le procédé de Brugnatelli est décrit entre autres recueils, dans un ouvrage intitulé *Bibliotheca di Cogliardo*, publié en 1807. Dans un *Journal de chimie et de*

(1) Voici le passage original de Brugnatelli :

« Prenez une partie saturée d'or dissous par l'acide hydrochloronitrique, ajoutez-y six parties d'ammoniaque liquide; la dissolution s'y « décompose et il se précipite un *thermoxyde* d'or qui se dissout aussitôt « en partie pour former l'ammoniure d'or. On recueille ce mélange dans « un vase de verre. Les objets destinés à être dorés sont fixés solidement « à un fil d'acier ou d'argent, que l'on fait ensuite communiquer au pôle « négatif d'une pile voltaïque. L'objet d'argent qui doit être doré plonge « entièrement dans le liquide contenant l'ammoniure d'or; le courant « galvanique est fermé par une grosse bande de carton mouillé, qui de « l'ammoniaque passe au pôle positif de la pile. En quelques heures

physique, Van Mons, de Bruxelles, consigne le fait observé par Brugnatelli.

« La méthode la plus expéditive, dit Brugnatelli, de réduire à l'aide de la pile les oxydes métalliques dissous, est de se servir, à cet effet, de leurs ammoniures : c'est ainsi qu'en faisant plonger les extrémités de deux fils conducteurs de platine dans de l'ammoniure de mercure, on voit en peu de minutes le fil du pôle négatif se couvrir de gouttelettes de ce métal ; de cobalt, si l'on opère avec du cobalt ; d'arsenic, si l'on opère avec de l'arsenic, etc. Je me servis de fils d'or pour réduire de cette manière l'ammoniure de platine, que j'ai dernièrement obtenu et examiné. Le platine ainsi réduit sur l'or a une couleur qui tourne vers le noir ; mais étant frotté entre deux morceaux de papier, il prend l'éclat de l'acier. Je fis usage de fils d'argent pour réduire l'or, ce qui réussit promptement (1). »

On trouve, dans une autre livraison du même recueil, le passage suivant qui fait partie d'une lettre adressée par Brugnatelli à Van Mons :

« Volta travaille toujours sur l'électricité ; il a dernièrement construit différentes piles composées de seules substances salines de différentes matières avec les solutions desquelles il imprégnait des disques d'or. Lorsqu'il aura terminé son travail, je vous le communiquerai.

« J'ai dernièrement doré d'une manière parfaite deux grandes médailles d'argent en les faisant communiquer à l'aide d'un fil d'acier avec le pôle négatif d'une pile de Volta, et en les tenant l'une après l'autre plongées dans les ammoniures d'or nouvellement faits et bien saturés (2). »

Les faits de précipitation métallique observés et publiés

« l'argent se trouve entièrement doré par l'action galvanique. La dorure « peut être mise en couleur par les moyens ordinaires, et on lui fait « prendre le plus vif éclat avec la gratte-boesse des doreurs. » (*Bibliothèque de campagne*, publiée à Milan, t. X, p. 185 et suiv.)

(1) *Journal de physique et de chimie*, de Van Mons, 1802, t. V, p. 80.

(2) *Ibid.*, p. 357.

par Brugnatelli établissaient nettement la possibilité d'obtenir des dépôts métalliques d'or et d'argent. Mais il y avait loin de là encore à la *galvanoplastie*, c'est-à-dire à la reproduction d'un objet par le dépôt d'une couche de cuivre plastique et malléable. Rien n'indiquait alors que la réduction des métaux par le fluide électrique pût devenir susceptible de quelques applications dans les arts. En effet, la substance qui se déposait sur les fils de la pile n'avait aucun des caractères physiques qui distinguent les métaux; c'était presque toujours une poudre noire ou grise, sans cohérence, sans continuité, dépourvue d'éclat, et privée, en un mot, de tout caractère métallique. On ne découvrit que longtemps après que, dans certaines circonstances, les métaux formés par la voie galvanique peuvent présenter l'éclat, la cohérence, la continuité et tous les caractères propres aux métaux obtenus par fusion. Cette observation devait donner naissance à l'électrométallurgie.

La galvanoplastie aurait pu prendre peut-être naissance à l'époque de la découverte de la pile voltaïque imaginée par M. Daniell, et qui porte le nom de ce physicien. Lorsque M. Daniell fit les premiers essais de cette nouvelle disposition de la pile, il remarqua, en enlevant un fragment de cuivre qui s'était déposé au pôle négatif, que les éraillures du conducteur de platine se trouvaient fidèlement reproduites sur le cuivre précipité. Cette observation aurait pu conduire à la découverte de la galvanoplastie; mais, comme M. Daniell portait alors toute son attention sur la marche et la construction de son instrument, il ne poussa pas plus loin l'examen de ce fait.

Une remarque du même genre peut s'appliquer à M. de la Rive, qui, de son côté, eut plus tard entre les mains le fait primitif qui sert de base à la galvanoplastie, et néanmoins le laissa passer sans soupçonner son importance.

Peu de temps après la découverte de la pile de Daniell, M. de la Rive fit quelques expériences sur cet appareil. Dans un article inséré dans le *Philosophical Magazine*, ce physicien, après avoir décrit une forme particulière de la pile de Daniell à laquelle il donne la préférence, fait l'observation suivante : « La plaque de cuivre est recouverte « d'une couche de cuivre à l'état métallique, qui s'y est in- « cessamment déposée par molécules, et telle est la per- « fection de la feuille de métal ainsi formée, que lorsqu'elle « est enlevée, elle offre une copie fidèle de chaque érail- « lure de la plaque métallique sur laquelle elle reparaît. » M. de la Rive ne semble pas avoir songé aux résultats remarquables auxquels devait conduire plus tard l'examen de ce fait en apparence si simple. Ce n'est que dix ans après, que cette observation, faite de nouveau en Angleterre et étudiée cette fois avec toute l'attention qu'elle méritait, eut pour conséquence d'amener la création de la galvanoplastie.

A la fin du mois de septembre 1837, un jeune physicien anglais, M. Thomas Spencer, s'occupait à Liverpool à répéter et à vérifier les expériences de M. Becquerel sur la formation artificielle des espèces minérales à l'aide de courants électriques d'une faible intensité : c'est dans le cours de ces essais que le hasard lui fournit l'occasion de constater le fait qui devait donner naissance à la galvanoplastie. M. Spencer agissait avec un seul couple voltaïque formé d'un disque de cuivre uni par un fil métallique à un disque de zinc. L'élément cuivre plongeait dans une dissolution de sulfate de cuivre, l'élément zinc dans une dissolution de sel marin ; les deux dissolutions, placées dans des vases de terre, étaient séparées l'une de l'autre par une cloison poreuse de plâtre. C'est là, comme le savent les physiciens, le petit appareil construit par M. Becquerel pour produire un courant électrique faible et con-

tinu : c'est une pile voltaïque réduite, pour ainsi dire, à son expression la plus simple. Le fil de cuivre qui, dans le petit appareil de M. Spencer, réunissait les deux métaux, était verni avec de la cire à cacheter ; or il arriva qu'en recouvrant ce fil de cire à cacheter, quelques gouttes de cire tombèrent sur le disque de cuivre et y adhérèrent, de telle sorte que, lorsque l'appareil fut mis en action, le cuivre réduit, en se déposant sur l'élément négatif, vint s'arrêter sur les bords des petites gouttelettes de cire tombée sur la plaque. Le métal précipité avait d'ailleurs l'éclat, la cohérence et toutes les propriétés du cuivre obtenu par fusion. « Je compris aussitôt, dit M. Spencer, qu'il était en mon pouvoir de guider à mon gré le dépôt de cuivre et de le couler en quelque sorte dans les sillons creusés avec une pointe sur une plaque de cuivre verni.

M. Spencer prit donc une plaque de cuivre, il la couvrit d'un vernis résineux ; sur ce vernis il creusa des lettres avec un burin, et soumit la lame de cuivre ainsi préparée à l'action d'un courant voltaïque. Le résultat fut tel qu'il l'avait prévu : le métal réduit vint remplir les sillons tracés sur le vernis et forma de véritables caractères typographiques de cuivre en relief. M. Spencer parvint à rendre ce procédé assez pratique pour qu'une planche de cuivre recouverte de ces caractères en relief pût être soumise à la presse. Dès l'année 1838, des épreuves sur papier obtenues avec cette sorte de cliché d'origine électrique furent distribuées dans le public.

Cependant, si les recherches de M. Spencer n'avaient pas eu de résultat plus utile, il est probable que la galvanoplastie n'aurait trouvé dans la pratique que de rares applications. Heureusement un autre accident lui fit entrevoir sa découverte sous un aspect nouveau. Un jour, comme il avait besoin d'une plaque de cuivre pour former un de ses petits couples voltaïques, ne trouvant point sous sa

sa main de disque de cuivre, il prit une pièce de monnaie qu'il réunit par un fil métallique à une rondelle de zinc. Ce couple fut disposé comme à l'ordinaire, et le dépôt commença à s'effectuer. Mais, comme après quelques heures écoulées l'expérience ne marchait pas suivant son désir, il démonta son appareil et se mit à arracher par morceaux le cuivre réduit qui recouvrait l'élément négatif. Il ne fut pas alors peu surpris de voir tous les accidents et tous les détails de la pièce de monnaie reproduits sur ces fragments de cuivre avec une fidélité extraordinaire.

« Je résolus alors, dit M. Spencer, de répéter la même expérience en faisant usage d'une médaille de cuivre dont le relief serait considérable. J'en formai, comme auparavant, un couple voltaïque : j'y fis déposer une croûte de cuivre d'un millimètre d'épaisseur environ ; puis je détachai avec soin, mais non sans quelque peine, le dépôt formé. J'examinai le résultat à la coupe, et je vis tous les détails de la médaille reproduits avec une merveilleuse fidélité sur la contre-épreuve voltaïque. »

Après une telle observation, la galvanoplastie était créée; il est inutile de dire, en effet, qu'après avoir ainsi moulé en creux des médailles et des pièces de monnaie, M. Spencer se servit de ces moules pour en obtenir des contre-épreuves qui étaient les fac-simile parfaits de l'original. Dans les premiers mois de 1838, des monnaies et des médailles ainsi obtenues étaient chose commune à Liverpool. On en soumit quelques-unes à l'examen d'un habile frappeur de médailles de Birmingham. Cet expert déclara que les médailles soumises à son inspection étaient frappées au balancier; il faisait seulement remarquer qu'on avait « altéré le revers de ces médailles par l'emploi des acides. » L'expert ajouta charitablement qu'il conseillait à M. Spencer de ne pas compromettre sa réputation en prolongeant des mystifications pareilles.

Pendant que cette découverte s'accomplissait à Liver-

pool, le physicien Jacobi, en Russie, était conduit, par une autre voie, à des résultats presque identiques.

Ce fut à Dorpat, en février 1837, que M. Jacobi découvrit, de son côté, le fait capital de la plasticité du cuivre, qui devint l'origine de tous ses travaux sur l'électro-chimie. Il trouva imprimées sur une feuille métallique quelques traces microscopiques de cuivre du dessin le plus régulier : c'est en recherchant le mode de formation de ces empreintes et en essayant de les reproduire qu'il découvrit le fait de la plasticité du cuivre obtenu par la pile. Il soumit à l'action de courants électriques des plaques de métal sur lesquelles on avait tracé au burin des figures et des caractères; la décomposition du sulfate de cuivre donna naissance à des dépôts de cuivre qui offraient, en relief, l'empreinte exacte du dessin gravé en creux sur l'original. Par l'emploi de piles d'une faible intensité et d'un courant continu, il réussit bientôt à obtenir en relief l'empreinte d'une plaque de de cuivre gravée au burin et de dimensions assez considérables. Cette plaque, premier résultat satisfaisant des travaux de M. Jacobi, fut présentée à l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg, le 5 octobre 1838 (17 octobre de notre style). Le ministre de l'instruction publique la présenta à l'empereur, qui s'empressa de mettre à la disposition de M. Jacobi les fonds nécessaires pour poursuivre ses études. La découverte du savant académicien acquit dès lors en Russie un très-grand retentissement.

M. Jacobi reconnut, comme M. Spencer et en même temps que lui, que la condition indispensable pour obtenir des dépôts réguliers et plastiques, c'est d'employer un courant d'une faible intensité, et d'agir sur des dissolutions toujours saturées; mais l'académicien russe laissa bien loin de lui l'expérimentateur anglais par la découverte qu'il fit, en 1849, du système connu aujourd'hui des physiciens sous le nom d'*anodes* ou d'*électrodes solubles*.

Lorsque M. Jacobi commença à opérer, l'objet à copier faisait lui-même partie de la pile galvanique, il formait l'élément négatif et plongeait dans la dissolution de sulfate de cuivre; mais la dissolution s'épuisait peu à peu, et il était nécessaire de l'entretenir au degré de saturation, en lui fournissant de nouveaux cristaux de sel au fur et à mesure de leur réduction. Or, Jacobi trouva, en 1839, que si l'on attache le moule au pôle négatif, et *que l'on dispose au pôle positif une lame du métal même qui est en dissolution dans le bain*, cette lame, qui porte alors le nom d'*anode* ou *électrode soluble*, entre elle-même en dissolution dans le bain en quantité à peu près égale à celle qui se dépose dans le moule. Si, par exemple, on opère avec une dissolution de sulfate de cuivre, et que l'on attache au pôle positif de la pile une lame de cuivre, l'oxygène mis en liberté par la décomposition de l'eau se porte au pôle positif; là il rencontre le cuivre et l'oxyde, c'est-à-dire le fait passer à l'état d'un composé susceptible de se dissoudre dans l'acide libre existant dans la liqueur, et par cette action continue, à mesure qu'il se fait au pôle négatif un dépôt de cuivre aux dépens de la dissolution saline, le cuivre métallique attaché au pôle positif se dissout dans le liquide à peu près dans les mêmes proportions.

La découverte des anodes exerça une influence immense sur les progrès de la galvanoplastie. Elle permit de séparer le couple voltaïque qui engendre le courant de l'appareil dans lequel l'empreinte s'effectue. Le procédé galvanoplastique devint par là beaucoup plus simple, le succès plus assuré, et le temps dans lequel les résultats peuvent être obtenus infiniment plus court. Enfin on put obtenir des dépôts métalliques de toute forme et de toute dimension.

Cependant la galvanoplastie ne pouvait recevoir encore des applications bien étendues, car on ne pouvait opérer

qu'avec un moule de cuivre; les moules non métalliques ne pouvaient être employés en raison de leur défaut de conductibilité pour le fluide électrique. Mais une observation faite en France par M. Bocquillon, en Angleterre par M. Murray, et bientôt aussi par MM. Spencer et Jacobi, permit d'effectuer les dépôts métalliques à la surface de presque tous les corps indifféremment. On reconnut que les corps qui ne conduisent pas l'électricité, et qui jusque-là n'avaient pu se prêter aux opérations de la galvanoplastie, peuvent recevoir le dépôt métallique, si l'on recouvre préalablement leur surface d'une couche pulvérulente d'un corps conducteur de l'électricité. La plombagine, ou mine de plomb, est la substance qui remplit le mieux cet objet. On put, dès ce moment, au lieu d'opérer uniquement sur un moule métallique, se procurer des empreintes de plâtre des objets à reproduire, et effectuer le dépôt sur ces moules rendus conducteurs par la plombagine. Ce dernier résultat obtenu, la galvanoplastie put recevoir les applications variées et étendues qui lui assurent une place si distinguée parmi les créations de la science moderne.

Le plâtre a été, avec la cire à cacheter, la seule substance qui ait d'abord servi à la confection des moules galvanoplastiques. On a découvert ensuite dans la gélatine, coulée à chaud et retirée du moule après le refroidissement, une matière plastique se prêtant très-heureusement à cet objet par la fidélité avec laquelle elle conserve l'empreinte des objets à reproduire, et par son élasticité, qui permet de retirer le moule sans le déchirer. Enfin une dernière substance, bien supérieure aux précédentes, la *gutta-percha*, a été appliquée à la confection des moules galvanoplastiques. Cette matière, qui se ramollit par la chaleur, est appliquée à chaud sur l'objet, dont elle reproduit tous les détails avec une fidélité étonnante; après le refroidis-

sement, on la détache sans difficulté. La gutta-percha est à peu près la seule matière plastique employée aujourd'hui pour la confection des moules dans la galvanoplastie; c'est de la découverte de l'emploi de cette substance que date l'essor important qu'a pris la galvanoplastie industrielle.

Ajoutons, pour terminer ce tableau abrégé des progrès de la galvanoplastie, que l'on a réussi, dans ces derniers temps, à obtenir en argent précipité par la pile les dépôts que l'on n'avait pu former longtemps qu'avec le cuivre. Du cyanure d'argent dissous dans le cyanure double de potassium et de fer, forme un bain galvanoplastique, qui, décomposé par la pile de Volta, fournit un dépôt métallique d'argent pur. Tout annonce que l'art de l'orfévrerie tirera un parti très-important de cette belle application de la galvanoplastie.

On voit, par ce résumé rapide, que la galvanoplastie n'est autre chose, en définitive, qu'une série d'applications des découvertes de la physique et de la chimie; c'est le propre des sciences bien affermies de tenir, contenues dans leurs principes, une longue série de conséquences et d'applications qu'il appartient au temps de développer, et qu'il ne manque jamais de développer.

CHAPITRE II.

Description des appareils employés dans la galvanoplastie. — Principales opérations galvanoplastiques. — Applications diverses de ces procédés.

On se propose, dans la galvanoplastie, d'obtenir à l'aide de la pile voltaïque, sur un objet donné, la précipitation

d'un métal dissous dans un liquide, de manière à obtenir à la surface de cet objet une couche continue, mais non adhérente, qui reproduise tous les détails du modèle. Si le dépôt se fait à l'intérieur, on obtient la reproduction *intérieure* du modèle, et la couche ainsi formée est destinée à servir de moule. Si le dépôt a lieu à l'extérieur, il a pour effet de provoquer sur ce moule la précipitation d'une couche métallique, qui, séparée du moule, est dès lors la reproduction *extérieure* du type primitif.

Donnons d'abord la description des appareils en usage pour les opérations de la galvanoplastie, nous décrirons ensuite ces opérations elles-mêmes, et nous passerons enfin en revue la nombreuse série des applications qu'elles ont reçues.

Pour provoquer le courant électrique et pour recevoir le dépôt métallique, on peut se servir de deux appareils, l'*appareil simple* ou l'*appareil composé*. Dans le premier, l'objet destiné à être reproduit fait lui-même partie du couple voltaïque qui doit provoquer le courant. Dans le second, le courant voltaïque se produit en dehors de la liqueur à décomposer, et le moule est simplement attaché au pôle négatif de la pile par un fil conducteur.

L'*appareil simple* le plus souvent employé est formé d'un vase de verre contenant la dissolution à décomposer, du sulfate de cuivre, par exemple, si c'est du cuivre que l'on veut précipiter. Au centre de ce premier vase, se trouve un second vase de porcelaine qui plonge dans le liquide et contient de l'acide sulfurique étendu de 12 à 15 fois son poids d'eau; ce vase est fermé à sa partie inférieure par un morceau de vessie. On place dans l'acide sulfurique une lame de zinc que l'on fait communiquer, au moyen d'un fil de cuivre, avec le moule qui se trouve déposé au fond du vase de verre renfermant la dissolution de sulfate de cuivre. Le couple voltaïque engendré par le contact du

cuivre et du zinc donne naissance à un courant électrique faible et continu qui provoque lentement et graduellement la précipitation du métal. Le cuivre réduit vient se déposer peu à peu dans le moule placé au pôle négatif, et au bout de quelques jours il produit, en se modelant sur les diverses inégalités de sa surface, une couche métallique qui est la contre-épreuve parfaite de l'original. Commela dissolution de sulfate de cuivre s'épuise au fur et à mesure de la réduction du sel, on l'entretient à un degré constant de saturation, en ajoutant de temps à autre à la liqueur de nouveaux cristaux de sulfate de cuivre.

La figure 11 représente une coupe de l'appareil galvanoplastique qui vient d'être décrit. AA est le premier vase

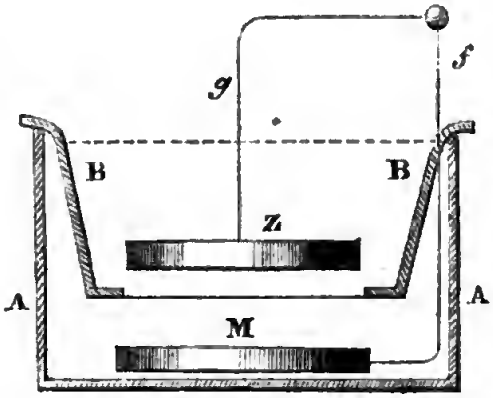


Fig. 11.

contenant la dissolution de sulfate de cuivre; le moule M est placé au fond de ce vase. Ce moule est attaché à un fil de cuivre *f* qui sort du liquide pour venir se réunir à un deuxième fil *g*, lequel supporte la lame de zinc Z, plongée elle-même dans l'acide sulfurique affaibli qui remplit le second vase BB. Ce vase BB est fermé, comme nous l'avons dit, à sa partie inférieure, par un morceau de vessie qui sépare les deux liquides. Le fil de cuivre et le zinc forment par leur contact un couple voltaïque, et l'électricité

ainsi produite décompose la dissolution de sulfate de cuivre placée dans le vase A; le cuivre précipité par l'action du courant vient se déposer au fil négatif de la pile. Or, comme le moule M est attaché à ce pôle négatif, c'est sur lui que s'effectue le dépôt de tout le cuivre réduit: ce moule se trouve ainsi peu à peu recouvert et enveloppé dans toutes ses parties par le dépôt métallique. Ce petit appareil, très-commode pour la reproduction galvanique des objets de petite dimension, est connu sous le nom d'*electrotype de Spencer*.

L'*appareil composé* offre deux parties à considérer: le vase dans lequel s'effectue le dépôt du métal, et la pile voltaïque placée en dehors de la liqueur.

La pile qui sert aujourd'hui pour la plupart des applications de la galvanoplastie est la pile de Bunsen. On fait aussi assez souvent usage de la pile de Daniell dont nous avons donné la description dans le deuxième volume de cet ouvrage.

Le vase dans lequel doit s'effectuer le dépôt engendré par l'une de ces piles n'offre aucune disposition qu'il soit nécessaire de signaler. Il contient la liqueur saline à décomposer: du sulfate de cuivre, du cyanure d'argent dissous dans du cyanure de potassium, si c'est du cuivre ou de l'argent que l'on se propose de réduire. La forme de ce vase est indifférente. On attache au pôle positif de la pile plongeant dans la liqueur un *anode*, c'est-à-dire une lame de cuivre si l'on opère sur un bain de cuivre, une lame d'argent si l'on agit sur un sel d'argent. Le métal attaché au pôle positif se dissout au fur et à mesure que marche l'opération, en quantité à peu près égale à celle qui se trouve réduite par le courant.

La figure 12 représente l'appareil composé, le seul dont on fasse aujourd'hui usage pour les applications industrielles de la galvanoplastie. A représente un couple de

la pile ; il est rare qu'il soit nécessaire d'en employer plusieurs. B est le vase dans lequel s'effectue le dépôt métallique. Le moule est attaché au pôle négatif de la pile ;

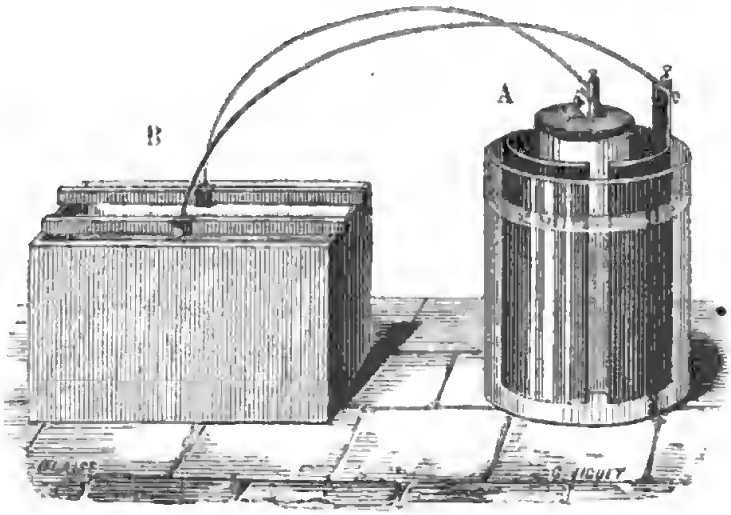


Fig. 12.

l'*anode soluble*, composé d'une lame de cuivre, est attaché au fil positif.

L'emploi d'un appareil composé a des avantages de toute nature, et il a seul permis de prêter aux opérations galvanoplastiques l'importance et la variété qu'elles ont acquises aujourd'hui. L'anode qu'il renferme permet d'entretenir la dissolution saline à un état constant de saturation, circonstance très-utile au succès. En faisant usage d'éléments voltaïques plus ou moins énergiques, plus ou moins nombreux, on peut obtenir un courant animé de tous les degrés possibles d'intensité. Enfin, cet appareil permet d'augmenter autant qu'on le veut le volume des pièces reproduites, il suffit pour cela de placer la liqueur dans des vases d'une dimension convenable : il n'y a dès lors plus de limites pour la forme ni pour l'étendue de l'objet que l'on veut reproduire.

Les opérations galvanoplastiques présentent dans la pra-

tique quatre circonstances essentielles d'où le succès dépend, et qui malheureusement sont encore loin d'être bien élucidées. Ce sont : l'intensité de la pile pour les différentes dissolutions, — le degré de concentration de la liqueur et sa conductibilité électrique, — sa température, — enfin la disposition et la grandeur relative entre les deux électrodes, c'est-à-dire entre la plaque de cuivre attachée au pôle positif et le moule qui termine le pôle négatif. Ces quatre circonstances peuvent donner, en variant selon les cas, des résultats très-différents, et l'habitude fournit aux expérimentateurs des règles beaucoup plus sûres que tous les principes vagues que l'on a essayé d'établir jusqu'ici.

Pour prendre une empreinte galvanoplastique, on n'agit pas en général sur l'objet lui-même, qui courrait le risque d'être détérioré par son séjour dans les liqueurs acides ; ordinairement on en prend un moule sur lequel on opère la reproduction. Les moules employés sont faits, comme nous l'avons déjà dit, avec un métal ou avec une substance plastique que l'on rend conductrice de l'électricité en la recouvrant d'une couche très-mince de plombagine, ou d'une poudre métallique. Le métal employé pour la confection des moules est l'alliage fusible de Darcet, la soudure des plombiers, ou l'alliage des clichés, qui est beaucoup plus dur. Mais le plus souvent on se sert de moules de plâtre ou de gutta-percha. On commence par rendre les moules de plâtre imperméables à l'eau en les plongeant dans la stéarine fondue. On étend ensuite sur leur surface, à l'aide d'un pinceau, une légère couche de plombagine destinée à la rendre conductrice. Les moules de gutta-percha, qui sont aujourd'hui presque exclusivement employés dans l'industrie électro-chimique, sont simplement *métallisés*, c'est-à-dire rendus conducteurs par la plombagine pulvérisée. Pour établir la communication

entre le moule et le pôle négatif de la pile, on entoure le moule d'une bande de cuivre ou de plomb.

Tel est l'ensemble des opérations qui s'exécutent dans la galvanoplastie. Passons maintenant en revue les différentes applications de ces procédés. Nous parlerons d'abord de la reproduction des monnaies et des médailles.

Pour reproduire une monnaie ou une médaille, on peut opérer de deux manières : 1° On agit directement sur la médaille que l'on veut reproduire en la plaçant au pôle négatif, après avoir pris les précautions suffisantes pour empêcher l'adhérence de l'empreinte avec l'original. Ces précautions consistent à passer sur la médaille une couche excessivement légère d'une substance grasse, telle que l'huile, la cire, la stéarine, le suif, etc. On obtient ainsi en creux une empreinte sur laquelle on opère de nouveau pour avoir la reproduction en relief. 2° On prend l'empreinte de la pièce avec du plâtre, de la gutta-percha ou un alliage fusible; de cette manière l'opération galvanoplastique donne immédiatement la médaille en relief. Quand on agit directement sur la médaille, il faut recouvrir de stéarine le revers, sur lequel il ne doit pas exister de dépôt ; on la met ensuite en rapport avec le pôle négatif au moyen d'un fil de métal fixé sur son contour. Le revers est reproduit plus tard de la même manière en recouvrant de stéarine la face déjà prise. Cinquante ou soixante heures d'immersion donnent au dépôt une épaisseur convenable. L'opération achevée, on sépare la pièce du moule auquel elle n'adhère que faiblement.

On reproduit, par ces moyens, les cachets, les timbres et les sceaux, en opérant sur des empreintes prises avec le plâtre, la gutta-percha ou la stéarine.

C'est par les mêmes procédés que l'on recouvre de cuivre une statuette, un groupe, ou tout autre objet exé-

cuté en plâtre. L'appareil de M. Spencer, que l'on a vendu à Paris sous le nom d'*électrotype breveté*, et dont nous avons donné la figure en parlant des appareils simples, est très-commode pour les reproductions de ce genre. Cependant cette opération est assez puérile. Envelopper d'une couche de cuivre une statuette ou un médaillon de plâtre, ne remplit aucune vue d'utilité particulière, et n'a rien de bien heureux sous le rapport de l'art.

En recouvrant de cuivre, par les mêmes procédés, des fruits, des légumes, des feuilles, des graines et d'autres produits naturels, on peut obtenir quelques ornements curieux en ce qu'ils conservent et traduisent exactement la forme et tous les détails les plus fins de l'objet galvanisé. Pour reproduire, par exemple, une pomme, une poire, une feuille d'arbre, etc., on frotte le fruit avec de la plombagine, et l'on enfonce vers la queue ou vers le germe une petite épingle ; on réunit cette épingle à un fil communiquant avec la pile, et l'on place le fruit dans la dissolution. Le cuivrage étant achevé, on retire l'épingle, qui laisse un petit trou par où les sucs du fruit peuvent s'évaporer. Disons cependant que ces espèces de cuivrage sont d'une parfaite inutilité, et ne sont guère propres qu'à donner la mesure de la perfection et de la délicatesse des opérations galvanoplastiques. Je me souviens d'avoir vu, dans le vestibule de l'Institut, un spécimen assez curieux des produits de cet art singulier. M. Soyer avait réussi à envelopper le cadavre d'un enfant nouveau-né d'une couche de cuivre. Bien que le résultat fût merveilleux de réussite, c'était un spectacle assez hideux. On disait autour de moi qu'il y aurait là un moyen d'élever aux grands hommes à la fois un tombeau et et une statue d'une ressemblance authentique.

La galvanoplastie fournit à l'art du fondeur des applications d'une tout autre importance et qui sont destinées à

recevoir un jour un développement remarquable. Voici l'ensemble des moyens qui permettent de former, avec le seul secours de la pile voltaïque, les grands objets de sculpture, que l'on n'avait pu jusqu'ici obtenir qu'à l'aide de la fusion du métal.

On sait que pour obtenir une statue de bronze, de fonte ou de zinc, le sculpteur ayant livré son modèle d'argile, on en tire une épreuve au moyen du plâtre; cette dernière épreuve sert ensuite à préparer le moule de sable où l'on coule le métal. Ces diverses opérations nécessitent un grand travail et ne sont pas sans danger à cause des explosions qui peuvent avoir lieu pendant la coulée; en outre, la copie métallique est loin d'être parfaite : elle exige, pour être terminée, de nombreuses retouches et un travail nouveau. Par la galvanoplastie, au lieu de faire un moule en relief avec du plâtre, et puis un moule en creux avec du sable, on commence par mouler le plâtre en creux, et l'on revêt ensuite de plombagine l'intérieur de ce moule. On plonge alors dans une dissolution de sulfate de cuivre, et l'on fait passer le courant électrique; quand la couche déposée est d'une épaisseur suffisante, on enlève le moule qui laisse à découvert l'objet parfaitement reproduit. S'il s'agit d'une statuette en ronde bosse de petite dimension, on prend le creux de chaque moitié, on les revêt de plombagine, et l'on rapproche ensuite les deux moitiés que l'on réunit avec du plâtre; on fait communiquer le tout avec l'appareil voltaïque, en s'arrangeant de manière que le liquide puisse pénétrer dans l'intérieur du moule, et que le dépôt métallique s'y effectue. Si l'original avait de trop grandes dimensions, les vases à employer devraient présenter une capacité énorme; il est mieux alors de réunir entre elles, avec de la circ, les diverses parties du moule en creux, de manière à en former une sorte de capacité dans laquelle on place la dissolution même. Les parties

séparées que l'on obtient ainsi sont ensuite soudées à l'argent ou à l'étain. Enfin ces soudures elles-mêmes sont galvanisées à leur tour. Il suffit, pour cela de circonscrire leur surface avec du mastic, de manière à en former une espèce d'auge que l'on remplit de la solution de sulfate de cuivre ; à l'aide de la pile, on détermine un dépôt de cuivre qui recouvre et fait disparaître les traces de ces soudures.

Les statuettes, les bas-reliefs, les diverses figurines métalliques que l'on trouve dans le commerce, sont obtenus par les mêmes moyens. Pour faire disparaître le ton rouge du cuivre, qui n'est que d'un effet assez médiocre, on recouvre ces différents objets d'une couche d'argent par l'action de la pile ; l'éclat et le ton brillant de ce dernier métal leur donnent beaucoup de relief et de valeur.

L'application des procédés galvanoplastiques à la typographie a donné, depuis peu d'années, des résultats d'une haute importance.

Les procédés électro-chimiques permettraient d'obtenir à peu de frais les caractères que le fondeur exécute au moyen d'une matrice préparée à cet effet. Dans l'état actuel de l'industrie, les procédés qui sont en usage fournissent les matrices d'impression avec une économie qui rendrait superflue l'intervention de la galvanoplastie, quand il ne s'agit que de matrices n'exigeant qu'un médiocre travail de gravure. Mais il en est autrement quand il s'agit de caractères devenus rares, ou dont la complication rendrait dispendieuse l'exécution d'une matrice nouvelle. La galvanoplastie intervient dans ce cas avec des avantages marqués. Il suffit, en effet, de posséder quelques spécimens de ces caractères ; les procédés électro-chimiques permettent de préparer avec un seul d'entre eux une matrice à l'aide de laquelle le fondeur peut ensuite fournir à très-bas prix la série de caractères nécessaires à l'imprimeur.

En Allemagne et en France, l'art de l'imprimerie tire déjà un parti sérieux de cette application de la galvanoplastie. L'imprimerie impériale d'Autriche, qui a tant contribué à répandre et à populariser l'emploi de la galvanoplastie dans la typographie et dans la gravure, fait aujourd'hui un grand usage des procédés électro-chimiques pour la reproduction des matrices devenues rares. L'imprimerie impériale de France commence à entrer aussi dans la même voie.

Nous arrivons aux applications de la galvanoplastie qui méritent le plus l'attention, c'est-à-dire à l'emploi de ces procédés dans l'art de la gravure. Nous allons trouver ici un ensemble nouveau d'opérations assez importantes pour former toute une branche particulière des arts électro-chimiques, que l'on désigne sous le nom spécial d'*électrotypie*. En Allemagne, l'électrotypie est aujourd'hui fort avancée. Longtemps négligée en France, elle a pris, dans ces dernières années, une assez grande extension pratique, et nos artistes sont aujourd'hui en mesure de réaliser les applications les plus délicates de la galvanoplastie aux différentes branches de la gravure.

Voici les applications principales faites jusqu'à ce jour des procédés galvanoplastiques à l'art du graveur. L'électrotypie permet d'exécuter les opérations suivantes : 1° fabriquer des planches de cuivre pur à l'usage des graveurs ; 2° reproduire les planches gravées ; 3° graver directement par le courant galvanique.

Les planches de cuivre employées par les graveurs exigent des qualités que les procédés de l'industrie actuelle réalisent difficilement. Le cuivre même le plus pur, livré par le commerce, contient généralement de l'étain et d'autres métaux, qui rendent la gravure au burin difficile et la gravure à l'eau-forte incertaine dans ses résultats. Au con-

traire, le métal qui se dépose sous l'influence du fluide électrique est d'une pureté absolue; il est donc parfaitement approprié aux besoins de la gravure.

Le procédé pour obtenir les plaques de cuivre unies à l'usage des graveurs est extrêmement simple. Il suffit de se procurer une plaque de cuivre unie qui sert de moule, et sur laquelle on détermine, à l'aide de la pile, un dépôt de cuivre qui reproduit exactement l'original. La plaque de cuivre unie destinée à servir de moule est d'abord soudée, par sa face postérieure, à une petite lame d'étain, de plomb ou de zinc, qui ne sert qu'à établir la communication avec la pile. On obtient ainsi une planche de cuivre unie, qu'il ne reste plus qu'à polir pour qu'elle puisse servir aux usages de la gravure.

Les planches de cuivre gravées par la main de l'artiste ne sont pas plus difficiles à reproduire que les plaques unies. Telles sont, en effet, la délicatesse admirable et la prodigieuse fidélité de ces moyens de reproduction, qu'une planche où se trouve tracé le dessin le plus compliqué, le travail le plus délicat et le plus fin, peut être copiée avec la plus grande facilité, de manière à reproduire le modèle original avec une rigoureuse exactitude.

Les dessins gravés sur des plaques de cuivre sont creusés, comme on le sait, dans l'épaisseur du métal. Or le problème à résoudre consiste à obtenir une copie toute semblable, c'est-à-dire en creux. Il faut donc commencer par tirer un modèle en relief, qui sert ensuite à obtenir le même modèle en creux. On obtient cette copie de cuivre en relief, en opérant comme nous venons de l'indiquer pour les plaques unies, c'est-à-dire en plongeant directement le modèle dans le bain de sulfate de cuivre. Ce moyen est le plus parfait et doit être préféré. Mais si l'on redoute de porter atteinte à une plaque précieuse, on peut recourir au moulage à la gutta-percha qui donne une em-

preinte d'une grande finesse, sans retrait bien appréciable, et qui permet de reproduire ensuite avec une fidélité suffisante la planche primitive de cuivre. C'est ainsi qu'opère en particulier M. Coblence, artiste habile qui a exécuté beaucoup de reproductions de ce genre pour les cartes du Dépôt de la guerre. En Allemagne, on se sert de la plaque même immergée directement dans le bain galvanoplastique, en la recouvrant préalablement d'une légère couche d'un corps gras destiné à prévenir l'adhérence. Mais ce corps gras a l'inconvénient de provoquer, à la surface des planches-matrices et des reproductions, un léger grain où vient se loger le noir d'imprimerie, ce qui a pour résultat, au moment du tirage, de voiler les blancs de l'épreuve. M. Hulot, graveur à la Monnaie de Paris, l'artiste le plus expérimenté et le plus habile de notre époque dans ce genre de travaux, ne fait usage d'aucun corps gras pour prévenir l'adhérence. L'opération étant exécutée dans des conditions que l'expérience a fait connaître, le moule se sépare toujours sans difficulté du précieux original sur lequel il s'est déposé.

Ce ne sont pas seulement les plaques gravées sur cuivre qui peuvent être reproduites par la galvanoplastie : on peut obtenir aussi la reproduction des planches d'acier ; seulement il faut faire usage d'un artifice particulier, la planche d'acier ne pouvant être placée dans le bain de sulfate de cuivre, puisque la dissolution de ce sel attaque chimiquement l'acier. Pour reproduire une planche d'acier, on la plonge dans une dissolution de cyanure double de cuivre et de potassium qui est sans action sur le fer, et l'on soumet ce bain à l'action de la pile : lorsque la planche s'est ainsi recouverte d'une première couche de cuivre, on la place dans un bain ordinaire de sulfate de cuivre, et on laisse le dépôt galvanique se terminer.

La reproduction des planches gravées est l'une des plus

belles et des plus utiles applications qu'ait reçues la galvanoplastie. On comprend, en effet, que si une planche de cuivre, terminée par le burin du graveur, peut être tirée à un certain nombre de types nouveaux identiques avec le premier modèle, l'œuvre de l'artiste est ainsi rendue éternelle, et le tirage ne connaît plus de limites. L'importance des applications de la galvanoplastie à la reproduction des gravures a fait répandre promptement en Allemagne l'emploi de ce procédé. L'imprimerie impériale d'Autriche a reproduit par ce moyen un grand nombre de planches gravées sur cuivre et sur acier, et dans le reste de l'Allemagne les moyens électrotypiques appliqués à la reproduction des planches de cuivre et d'acier sont d'un usage général. En France, on a poussé plus loin peut-être la perfection de ces reproductions galvaniques, et rien, par exemple, ne saurait être comparé à la reproduction faite par M. Hulot de la planche de M. Henriquel Dupont, représentant une *Vierge de Raphaël*. Aussi tout annonce que dans un intervalle peu éloigné, on appliquera industriellement, en France, ces nouveaux procédés de multiplication des planches gravées qui rendraient tant de services aux artistes comme aux amateurs.

L'art de la gravure emprunte encore le secours de la galvanoplastie pour la reproduction des clichés qui servent à obtenir les *gravures sur bois*. On connaît l'extension considérable qu'a prise depuis dix ans la gravure sur bois, et la perfection qu'elle a atteinte. Mais un cliché sur bois ne peut suffire à un très-grand tirage. La galvanoplastie intervient ici avec profit pour reproduire en cuivre le cliché de bois fourni par le graveur. On prend, avec de la gutta-percha, un moule en creux de ce cliché de bois, et ce dernier, placé dans un bain de sulfate de cuivre et soumis à l'action de la pile, fournit un cliché de cuivre en relief identique avec le cliché original sur bois. La dureté

du cuivre permet dès lors un tirage très-considérable.

Toutefois l'expérience de ce procédé a mis en évidence un inconvénient ou une difficulté particulière qui se rattache à son emploi. Le bois employé pour la confection des clichés présente, dans sa contexture, des inégalités, des saillies ou des pores. Ces inégalités se traduisent sur le moule de plâtre ou de gutta-percha, et s'exagèrent encore sur la reproduction métallique de ce moule. Il en résulte que le cliché de cuivre, au lieu d'offrir une surface parfaitement plane et unie, comme les planches ordinaires des graveurs, présente quelques rugosités qui, au tirage, rendent la gravure imparfaite. Pour obtenir une bonne gravure avec ce genre de clichés, on est obligé de polir les cuivres à la pierre ponce, ce qui ajoute nécessairement aux frais de l'opération ou peut compromettre certains traits délicats de la gravure. Ajoutons cependant qu'en employant pour la composition du moule une substance convenablement choisie, on peut se mettre à l'abri de cette difficulté.

On se sert encore des procédés galvanoplastiques pour multiplier les types des figures de *cuivre en relief*, qui depuis quelques années remplacent les figures gravées sur bois quand il s'agit de gravures très-délicates. A l'aide d'un de ces clichés, que l'on place directement dans le bain de sulfate de cuivre, et sur lequel on fait déposer le métal, et en répétant la même opération sur le moule en creux ainsi obtenu, on peut multiplier à volonté le premier modèle. C'est un moyen tout à fait analogue à celui dont nous avons parlé plus haut, et qui consiste à multiplier le type d'une gravure sur cuivre; seulement ici le dessin est tracé en relief au lieu de l'être en creux.

Le gouvernement et l'administration de la Banque de France confient à M. Hulot le soin d'exécuter les planches qui servent au tirage des timbres-poste, des cartes à jouer

et des billets de banque. Les procédés électro-chimiques jouent un rôle dans la confection et dans la multiplication de ces clichés précieux qui sont exécutés en cuivre, *en taille de relief*. C'est grâce à la galvanoplastie que l'on peut suffire à un tirage qui, pour les timbres-poste, par exemple, peut s'élever, dans quelques jours, à des dizaines de millions.

On a imaginé récemment en Allemagne un autre procédé extrêmement curieux pour la gravure des objets d'histoire naturelle. Ce procédé, connu sous le nom d'*impression naturelle*, et qui consiste à former sur une lame de cuivre la reproduction d'un objet à l'aide de cet objet lui-même, n'était praticable qu'avec le secours de la galvanoplastie. Il a été mis en usage avec un grand succès à l'imprimerie impériale de Vienne. Voici de quelle manière les opérations s'exécutent.

Pour obtenir l'*impression naturelle*, on agit de deux manières, selon la nature et la forme de l'objet à graver. S'il s'agit d'un objet à formes grêles et déliées, comme une plante sèche, un zoophyte, etc., on place l'objet sur une plaque d'acier, on le recouvre d'une lame de plomb parfaitement polie, et l'on soumet le tout à l'action d'un laminoir puissant. Par l'effet de la pression du laminoir, l'objet se trouve reproduit en creux avec une fidélité parfaite sur la feuille de plomb. Si le plomb n'était un métal beaucoup trop mou pour suffire à un tirage typographique, on pourrait directement se servir de cette feuille de plomb pour obtenir des gravures sur papier. Mais en raison de la mollesse extrême de ce métal, on est obligé d'obtenir sur cuivre une reproduction de cette feuille. On la place donc dans un bain de sulfate de cuivre, et l'on forme une première matrice qui reproduit en relief la gravure en creux qui existait sur la feuille de plomb. Enfin, cette dernière matrice, placée elle-même

dans un bain de sulfate de cuivre, donne une reproduction du même dessin en creux, et cette dernière planche, encrée et soumise au tirage typographique, fournit sur papier des gravures traduisant dans ses détails les plus délicats l'objet naturel qu'il s'agissait de reproduire.

Si l'on doit opérer sur des objets d'une surface plus étendue, dont les détails ne se transporteraient que d'une manière très-imparfaite sur la feuille de plomb, on en obtient la gravure en faisant directement déposer du cuivre sur cet objet lui-même, placé dans un bain de sulfate de cuivre. Si l'on veut, par exemple, graver une tranche transversale ou une coupe de bois fossile, on rend fixe le fragment de bois en l'entourant d'un mélange de stéarine et de cire. On rend ensuite la surface libre bien égale, et afin de mettre mieux en relief les inégalités qu'il s'agit de traduire par la gravure, on y verse un peu d'acide fluorhydrique, qui a pour effet d'augmenter les saillies et les creux de l'objet en corrodant certaines de ses parties. Frotté ensuite avec de la plombagine, afin de le rendre conducteur, l'objet ainsi préparé est placé dans l'appareil galvanoplastique simple, et donne ainsi un moule de cuivre qui peut servir directement à tirer des épreuves.

Parlons enfin de la gravure directe des planches de cuivre par le courant galvanique. Tout le monde sait que, pour obtenir une gravure à l'eau-forte, on commence par recouvrir une planche polie de cuivre ou d'acier d'une couche de cire et de vernis. Le graveur dessine alors sur cette couche avec une pointe fine de manière à mettre le métal à nu. Il place ensuite cette planche dans un vase plat et verse dessus de l'acide azotique (eau-forte) étendu d'eau. L'acide attaque et dissout le métal jusqu'à une profondeur suffisante pour loger l'encre d'impression. M. Smée a imaginé de remplacer l'eau-forte par l'action chimique

qui s'exerce sur un métal quand on le place au pôle positif d'une pile voltaïque.

La plupart des opérations dont nous avons parlé jusqu'ici se forment au pôle négatif de la pile; c'est là que s'accomplissent, comme on l'a vu, tous les dépôts métalliques. Mais il se passe au pôle positif une autre action chimique dont M. Smée a su très-ingénieusement tirer parti. Dans la décomposition électro-chimique d'un sel, en même temps que le métal se trouve réduit au pôle négatif, l'oxygène et l'acide se rendent au pôle positif, et si, comme nous l'avons dit en parlant des *anodes solubles*, on dispose à ce pôle une lame métallique, celle-ci se trouve peu à peu attaquée et dissoute par l'action réunie de l'oxygène et de l'acide libres. Ce fait, sur lequel M. Jacobi a fondé l'emploi des anodes, a servi à M. Smée à obtenir ce curieux résultat de graver directement par le courant galvanique une planche de cuivre. Voici comment ce physicien recommande d'opérer. La planche métallique, recouverte de cire ou de vernis sur ses deux faces, reçoit, comme à l'ordinaire, le dessin exécuté avec la pointe par l'artiste. Cette planche est alors placée dans une dissolution de sulfate de cuivre en communication avec le pôle positif d'une pile; le circuit voltaïque est complété en mettant en rapport avec le pôle négatif une plaque de même dimension que la planche à graver. La décomposition ne tarde pas à s'effectuer; l'oxygène et l'acide sulfurique se portent sur la plaque et dissolvent le cuivre dans les points où les traits ont été marqués.

La gravure galvanique est-elle appelée à remplacer dans nos ateliers la pratique habituelle? Il est difficile de le savoir, car les essais de ce genre de gravure n'ont pas encore été exécutés en France.

L'emploi d'un procédé analogue au précédent a permis d'arriver à ce résultat intéressant et curieux, de transfor-

mer une plaque daguerrienne en une planche propre à la gravure, et pouvant servir à donner, par le tirage typographique, des épreuves sur papier de l'image daguerrienne. Une épreuve photographique est composée de reliefs formé par le mercure, qui représentent les clairs, et de parties planes constituant les ombres, qui ne sont autre chose que l'argent de la lame métallique (1). Or, si l'on dépose du cuivre sur ces images, prises comme moules galvaniques, les reliefs deviendront des creux, et réciproquement; de sorte qu'en tirant des épreuves sur papier de ces planches recouvertes de cuivre, les clairs deviennent des ombres, et *vice versâ*. M. Grove est arrivé à remplir ces conditions d'une manière satisfaisante en se servant de la planche daguerrienne comme anode soluble attaché au pôle positif de la pile, et plongeant dans un liquide d'une nature chimique telle, qu'il puisse attaquer le mercure en respectant l'argent. Le liquide qui convient à cet objet délicat, de laisser l'argent inattaqué tout en dissolvant le mercure, est l'acide chlorhydrique étendu d'eau. Grâce à l'emploi de précautions et de soins particuliers, indiqués par le physicien anglais, on peut transformer une planche daguerrienne en une planche de graveur, et le tirage de cette planche donne sur le papier une planche sur laquelle on peut glorieusement écrire : *Dessinée par la lumière et gravée par l'électricité.*

Nous avons rapidement envisagé les applications diverses que l'on a faites jusqu'à ce jour de la galvanoplastie. Nous avons dû passer sous silence beaucoup de faits du même genre, parce que la pratique n'a pas encore permis d'en apprécier suffisamment la valeur. On aimerait à pouvoir fixer dès aujourd'hui l'avenir réservé à ces moyens nouveaux. Cependant il est impossible de prévoir encore le

(1) Voyez la PHOTOGRAPHIE.

rôle qu'ils sont appelés à jouer dans l'industrie moderne, et de marquer définitivement leur place parmi les conquêtes récentes de la science et des arts. Au début d'une invention naissante, il est malaisé de raisonner sur l'avenir. Parmi les procédés et les perfectionnements de la galvanoplastie que nous voyons chaque jour se produire, il en est qui sont destinés peut-être à opérer une révolution dans la métallurgie; il en est d'autres qui ne seront jamais que des jeux d'enfant. En France, jusque dans ces derniers temps, la galvanoplastie industrielle n'avait pris qu'un essor assez timide. Cependant, depuis un ou deux ans, elle a reçu une extension sérieuse. L'Exposition universelle de 1855 a montré avec éclat l'état florissant où se trouvent aujourd'hui en Angleterre et en Allemagne les applications de la galvanoplastie. Elle a prouvé, en même temps, que la France n'est pas, dans cette voie nouvelle, inférieure à ces deux pays. On a vu, dans le cours de cette notice, quel nombre infini d'emplois variés la galvanoplastie peut recevoir dans différentes branches de l'industrie et des arts. Ses applications à la gravure et à la typographie sont aujourd'hui, en France, en Allemagne et en Angleterre, d'un usage quotidien. D'un autre côté, les procédés électro-chimiques appliqués à la reproduction d'objets d'argent sont sur le point d'apporter à l'orfévrerie des ressources de la plus haute importance. La galvanoplastie du cuivre lui rend déjà des services notables pour la reproduction d'un assez grand nombre de pièces où elle permet d'économiser le travail si dispendieux de la ciselure. L'électro-chimie est ainsi devenue, dès aujourd'hui, un accessoire des plus sérieux de la fonte et de la ciselure des métaux, en attendant qu'elle devienne leur rivale.

CHAPITRE III

Application des procédés galvanoplastiques à la dorure et à l'argenture des métaux. — M. de Ruolz et ses travaux. — M. Elkington. — Dorure par immersion. — Dorure par la pile voltaïque. — Emploi industriel des procédés de la dorure chimique. — Orfévrerie argentée et dorée par les procédés Elkington et de Ruolz.

La profession de doreur sur métaux était autrefois considérée, à bon droit, comme l'une des plus insalubres des professions industrielles. Voici le procédé qui était suivi pour la dorure du bronze ou du cuivre. On dissolvait de l'or dans une certaine quantité de mercure, et l'amalgame ainsi formé servait à barbouiller la pièce métallique; en exposant ensuite le bronze amalgamé à l'action du feu, le mercure s'évaporait et laissait à la surface du métal une couche d'or, qu'il ne restait plus qu'à polir à l'aide du brunissoir. La nécessité de tenir les mains constamment en contact avec le mercure, et surtout la présence de ce métal en vapeurs dans l'atmosphère des ateliers, altéraient rapidement la santé des ouvriers doreurs. Le résultat presque constant de ces opérations dangereuses était la maladie connue sous le nom de *tremblement mercuriel*, auquel peu d'ouvriers pouvaient se soustraire, et qui compromettait leur existence de la manière la plus grave. A diverses époques, on avait essayé de parer à l'insalubrité de cette industrie. En 1816, un ancien ouvrier, devenu riche fabricant de bronzes, M. Ravrio, avait institué un prix de 3 000 francs pour l'assainissement de l'art du doreur. L'Académie des sciences décerna ce prix au chimiste Darcet, qui construisit, pour les ateliers de la dorure au

mercure, des cheminées de forme et de dimensions particulières, calculées pour augmenter considérablement le tirage et entraîner au dehors toutes les vapeurs. Cependant cette amélioration apportée à la disposition des ateliers n'avait qu'imparfaitement remédié au mal, car les ouvriers, avec leur insouciance ordinaire, ne tenaient aucun compte des précautions recommandées, et les fabricants eux-mêmes, bien que contraints par l'administration à construire leurs fourneaux dans le système de Darcet, se dispensaient de les faire fonctionner dans leur travail habituel. La statistique n'avait donc pas eu de peine à démontrer que la profession de doreur sur métaux était une de celles qui apportaient le contingent le plus triste au martyrologe de l'industrie.

La découverte de la galvanoplastie arriva sur ces entrefaites; de toutes parts on s'occupait de chercher et d'étendre ses applications. Il vint donc naturellement à l'esprit des industriels et des savants la pensée d'employer l'agent galvanique comme moyen de dorure. Dès l'année 1838, on commença à tenter les applications de la galvanoplastie à l'art du doreur, et dès ce moment il devint probable que le succès couronnerait ces efforts. Mais ce qu'il était difficile de prévoir, c'est que l'application des moyens électrochimiques pût donner immédiatement de si beaux résultats, que l'industrie de la dorure au mercure en fût totalement ruinée, et qu'à la place de ces pratiques si nuisibles à la santé des ouvriers, on vît s'élever en quelques années une industrie nouvelle, plus économique dans ses procédés, plus prompte dans ses opérations et tout à fait exempte de dangers. Ce résultat remarquable est dû principalement aux travaux de M. de Ruolz, dont la persévérance et le talent ont écrit une page des plus brillantes dans l'histoire de l'industrie contemporaine.

La dorure galvanique occupe aujourd'hui une si grande

place dans l'industrie, le nom de son inventeur a été répété si souvent et de tant de manières, qu'il ne sera pas inutile de placer ici quelques détails sur les circonstances qui ont fait naître cette découverte. On nous permettra seulement de prendre un peu haut le récit.

Le 19 novembre 1834, on donnait, au théâtre Saint-Charles de Naples, la première représentation d'un opéra nouveau, intitulé *Lara*. C'était l'œuvre d'un jeune Français qui, redoutant les lenteurs et les difficultés que rencontre à Paris la représentation des ouvrages lyriques, était venu essayer son talent sur le théâtre de Naples. La pièce fut exécutée par les premiers artistes de l'Italie, par Duprez, dont la réputation avait déjà grandi sur différentes scènes de la péninsule ; par madame Persiani, qui ne s'appelait encore que la Tachinardi, ce qui n'enlevait rien à l'étendue de sa voix ; par Ronconi, qui, fort jeune encore, commençait néanmoins à être apprécié de ses compatriotes. L'opéra obtint le plus grand succès. Suivant l'usage italien, l'auteur fut rappelé à la chute du rideau, et Duprez vint présenter sur la scène le jeune compositeur.

Ce jeune compositeur s'appelait Henri de Ruolz.

Dès ce moment, la carrière lyrique, avec toutes ses séductions et ses périls, lui était ouverte, car il avait réussi à obtenir pour son début un succès éclatant auprès du public le plus difficile de l'Europe. Cependant, avant de rentrer en France, et pour se remettre des émotions et des fatigues de son triomphe, M. de Ruolz partit pour la Sicile, et passa un mois à visiter Messine, Catane, Syracuse et Palerme. Au bout de ce temps, il revint à Naples. En rentrant chez lui, il trouva sur son bureau une lettre venue de Paris et qui l'attendait depuis trois jours.

Cette lettre lui annonçait la perte totale de sa fortune. Par une de ces catastrophes trop communes aujourd'hui, M. de Ruolz, qui tenait de sa famille une fortune considé-

rable, se trouvait désormais à peu près dénué de ressources.

Si rude que fût le coup, M. de Ruolz ne se sentit pas abattu. Il venait de paraître avec éclat dans une carrière qui pouvait lui rendre avec usure ce que la fortune lui enlevait ; il se hâta donc de revenir en France pour y tirer parti de son talent de compositeur.

M. de Ruolz avait toutes les qualités nécessaires pour réussir à Paris dans la carrière qu'il embrassait. Son succès de Naples avait eu en France un certain retentissement ; il était jeune, il était spirituel et de manières charmantes. Outre cela, il était vicomte. Toutes les portes du faubourg Saint-Germain s'ouvrirent à deux battants devant le jeune compositeur, qui, selon le style en usage dans ces régions, pouvait faire ses preuves de 1399, et avait eu un aïeul maternel tué au combat des Trente. Il commença donc à suivre, dans les salons du noble faubourg, cette existence brillante où il espérait retrouver un jour sa splendeur éteinte et sa fortune évanouie. D'abord, tout commença par lui sourire. Sa réputation suffisamment établie par des succès de salon, il put songer au théâtre. Il écrivit un opéra, *la Vendetta*, qui fut joué à l'Académie royale, et obtint un brillant succès.

Cependant M. de Ruolz comprit bientôt qu'il n'était pas assez riche pour avoir d'autres succès au théâtre. Si les travaux du compositeur lui promettaient la gloire, ils ne lui assuraient pas la fortune, et malheureusement il en était à ce point qu'avant tout il devait songer à vivre. Il se décida donc à changer de carrière.

Aux beaux temps de son éclat et de sa fortune, M. de Ruolz, poussé par un goût naturel, s'était occupé par intervalles de l'étude des sciences. Malgré les tentations de la richesse, il avait eu une jeunesse studieuse. Dans les laboratoires, il avait étudié la physique et la chimie ; dans les écoles, il avait pris ses grades de médecin et d'avocat.

Il espéra trouver dans ses connaissances scientifiques le moyen de relever l'édifice ruiné de sa fortune. Il y a de par le monde une opinion fort répandue, mais très-hasardée à notre sens, c'est qu'un savant peut s'enrichir sans peine par des travaux de chimie industrielle. C'est dans cette voie que M. de Ruolz résolut de s'engager. Un fabricant de ses amis, M. Chappée, l'établit dans sa maison et le chargea de perfectionner certains procédés de teinture. Ce fabricant avait un frère joaillier. Or, le joaillier arriva un jour chez M. de Ruolz, portant sous son bras un paquet d'ouvrages en filigrane de cuivre. On appelle *filigrane*, dans le commerce de la bijouterie, ces petits objets de décoration en cuivre, fabriqués à l'estampage, et qui, selon la mode du jour, ornent les étagères et les cheminées de nos salons. Le joaillier demanda à M. de Ruolz s'il ne pourrait parvenir à dorer ce filigrane par un procédé nouveau, la dorure au mercure ne pouvant s'appliquer à ces sortes de pièces à cause de leurs anfractuosités et du caprice de leur dessin; l'industriel ajoutait qu'il y aurait là quelque argent à gagner.

La question avait cependant beaucoup plus d'importance que l'industriel ne l'avait pensé. Si l'on parvenait à dorer le filigrane de cuivre, on pouvait évidemment dorer le cuivre sous toutes ses formes ; si l'on dorait le cuivre, on pouvait espérer de dorer aussi la plupart des autres métaux ; et si l'on réussissait à obtenir ainsi à volonté un dépôt d'or à la surface de tous les objets métalliques, sans recourir au procédé ordinaire de la dorure au mercure, on devait créer une branche d'industrie toute nouvelle, jusque-là sans exemple et sans analogue dans les arts. En même temps on débarrassait les ateliers de cette dangereuse et funeste pratique de la dorure au mercure. Il y avait donc là tout à la fois une découverte scientifique, une occasion de fortune et une œuvre d'humanité. Quel-

qués années avant cette époque, tenter la solution de ce problème eût paru une témérité ; mais en présence de la découverte et des progrès de la galvanoplastie, la difficulté était devenue très-abordable.

En effet, comme on l'a vu plus haut, la science s'était déjà occupée de la dorure galvanique. En Angleterre et en Allemagne, cette question était devenue l'objet d'importants travaux. M. de la Rive, à Genève, était entré le premier dans cette voie qui devait conduire un jour à des résultats si remarquables.

Comme tous les esprits élevés, M. de la Rive affectionne particulièrement les travaux scientifiques dont les applications peuvent servir au bien-être de l'humanité. C'est à ce titre qu'il entreprit, en 1825, des recherches ayant pour but de substituer à la dorure au mercure la dorure par les courants électriques. Mais la science n'était pas encore assez avancée pour permettre une entière réussite. M. de la Rive ne résolut que fort imparfaitement le problème. Il ne put dorer que le platine, résultat d'une mince utilité. Son insuccès provenait surtout de l'insuffisance des piles voltaïques que l'on connaissait alors, et qui ne permettaient pas d'obtenir les courants constants et réguliers que l'on produit si facilement aujourd'hui.

Cependant, quinze ans après cette époque, guidé par les beaux résultats obtenus par M. Becquerel au moyen de courants électriques d'une faible intensité, encouragé aussi par les premiers succès de Spencer et de Jacobi, qui commençaient à faire dans le monde savant une certaine sensation, M. de la Rive reprit ses premières tentatives. Il fut plus heureux cette fois, bien qu'il ne pût résoudre encore qu'une partie du problème. Il parvint seulement à dorer l'argent, le cuivre et le laiton ; le procédé qu'il imagina était loin d'ailleurs d'offrir toute la précision et tous les avantages désirables.

Voici comment opérait M. de la Rive. La dissolution qu'il employait était le chlorure d'or neutre ; la source d'électricité, une pile simple. L'objet à dorer était placé, ainsi que la dissolution, dans un vase de verre fermé à sa partie inférieure par un morceau de vessie ; on plongeait le tout dans un autre vase rempli d'eau acidulée ; une lame de zinc était placée dans ce dernier vase, et communiquait, au moyen d'un fil de cuivre, avec le métal à dorer.

Ce procédé était fort imparfait. La première couche d'or était assez épaisse et assez adhérente, mais les autres couches devenaient pulvérulentes ; il fallait alors retirer la pièce, la frotter de manière à enlever la couche pulvérulente, puis la remettre dans la dissolution, et répéter ainsi l'opération un certain nombre de fois avant d'avoir une couche d'or suffisamment épaisse. En outre, on ne réussissait pas toujours à obtenir un ton de dorure convenable. Souvent le chlore, rendu libre par la décomposition du chlorure, venait attaquer et noircir la pièce, malgré la couche d'or dont elle était revêtue. Enfin, une grande portion de l'or se déposait sur la vessie, ce qui amenait une perte notable de ce métal précieux.

Les essais de M. de la Rive n'eurent donc pas de suite au point de vue industriel. Cependant les succès croissants de la galvanoplastie faisaient aisément comprendre qu'il ne serait pas impossible d'en tirer, en les perfectionnant, un parti avantageux. En effet, ce que Jacobi et Spencer avaient exécuté avec le cuivre, on pouvait espérer le reproduire avec l'or, métal d'une ductilité et d'une malléabilité bien supérieures à celles du cuivre. La non-réussite du procédé de M. de la Rive devait donc être attribuée à la nature des dissolvants employés par ce physicien, plutôt qu'à l'or lui-même, et le problème de la dorure galvanique était simplifié jusqu'au point de ne plus exiger que la recherche de dissolutions particulières de l'or, et

l'application à ces liquides de ces piles à courant constant et régulier, qui donnaient, dans les expériences galvanoplastiques, de si favorables résultats.

Pour un chimiste de fraîche date, l'occasion était magnifique. Il ne s'agissait ici ni de grands principes à découvrir, ni de combinaisons nouvelles à produire, ni d'appareils coûteux à installer. Il suffisait, en se guidant sur des principes parfaitement connus, de chercher, au milieu de la série des composés chimiques en usage dans les laboratoires, ceux qui obéiraient le mieux à l'action décomposante de la pile, ceux qui présenteraient les conditions les plus avantageuses pour l'opération industrielle de la précipitation des métaux. C'était donc une œuvre de patience et de sagacité plutôt qu'un travail de haute portée scientifique. Seulement il fallait se hâter, car cette question fixait en ce moment toute l'attention des industriels. Déjà un chimiste allemand, M. Bœtger, en perfectionnant l'appareil de M. de la Rive, et substituant au chlorure d'or simple le chlorure double d'or et de sodium, avait réussi à dorer les objets de fer et d'acier. Un autre chimiste, M. Elsner, avait reconnu la fâcheuse influence qu'exerce sur la dorure la présence de liqueurs acides; en ajoutant à la dissolution de chlorure d'or un alcali, le carbonate de potasse, il avait fait pressentir les avantages des liquides alcalins pour l'opération de la dorure, et fait ainsi avancer la question d'un grand pas. Aussi M. de Ruolz comprit-il que, sous peine d'être devancé, il devait se hâter de se mettre à l'œuvre. Il dit donc adieu à son atelier de teinture et s'empressa de chercher dans Paris quelque réduit propre à servir à ses travaux.

Il trouva ce qu'il cherchait dans les combles d'une petite maison de la rue du Colombier : c'était une pauvre mansarde ouverte à tous les vents; mais cette mansarde avait autrefois servi de cuisine, il y avait encore une che-

minée et une table, et cela pouvait à la rigueur passer pour un laboratoire, car les grandes découvertes de notre temps ne se sont pas toutes accomplies dans les fastueux laboratoires de nos savants en renom. Notre expérimentateur se mit alors, avec une patience et une ténacité sans exemple, à passer en revue toutes les substances de la chimie, afin de reconnaître celles qui se prêteraient le mieux aux opérations de la galvanoplastie industrielle.

Un an s'écoula dans ces travaux exécutés sans relâche. Au bout de ce temps, le problème était résolu dans ses limites les plus étendues. Non-seulement, en effet, M. de Ruolz découvrit un grand nombre de composés chimiques propres à argenter et à dorer les métaux par la pile, mais il trouva encore les moyens d'obtenir à volonté la précipitation galvanique de presque tous les métaux les uns sur les autres. Il alla plus loin que Spencer et Jacobi, car non-seulement il put précipiter avec économie l'or sur le cuivre, l'argent sur le platine, etc., mais il parvint aussi à réaliser, sur un métal donné, la précipitation de la série de tous les autres métaux. Ce dernier résultat dépassait de beaucoup les prévisions que la science permettait de concevoir à cette époque.

Ayant ainsi atteint le but qu'il s'était proposé, M. de Ruolz n'avait plus que deux choses à faire : présenter au public et à l'Académie le résultat de ses travaux, chercher des capitaux pour exploiter son invention. Le 9 août 1841, il lut à l'Académie des sciences un mémoire dans lequel il exposait les détails de sa découverte. Comme il s'agissait d'une grande question scientifique et industrielle dont l'honneur devait rejaillir tout entier sur la France, M. Dumas se chargea de faire comprendre au monde savant la valeur et les conséquences du travail de M. de Ruolz. Le 29 novembre suivant, ce chimiste lut à l'Académie des sciences un rapport étendu dans lequel il exposait les

découvertes de M. de Ruolz. Le rapport de M. Dumas, qui fixait avec une précision remarquable l'état de la question de la dorure au double point de vue scientifique et industriel, fut un événement dans la science, et donna aux travaux de M. de Ruolz un retentissement considérable.

Sur la seconde question, M. de Ruolz rencontra plus de difficulté. On hésitait à avancer cent écus pour une affaire qui, quelques années après, donnait des bénéfices énormes. Heureusement, le fabricant qui autrefois lui avait ouvert ses ateliers de teinture, M. Chappée, vint encore à son aide. Les capitaux furent trouvés, et l'exploitation industrielle allait commencer sur une échelle convenable, lorsqu'il survint un véritable coup de théâtre. Au moment où la fabrique allait lancer dans le public ses premiers produits, il fut signifié à M. de Ruolz d'avoir à suspendre toute fabrication. On lui exhiba un brevet pris en France par un Anglais, M. Elkington, et ce brevet renfermait la description de procédés de dorure presque en tout semblables à ses propres procédés. M. Elkington exploitait depuis plusieurs années à Birmingham, un nouveau procédé pour dorer le cuivre sans mercure, procédé que nous décrirons plus loin, et qui consiste simplement à plonger dans la dissolution alcaline d'un sel d'or les pièces à dorer. Mais comme ce moyen de dorure s'appliquait uniquement aux objets de cuivre, M. Elkington avait dirigé ou fait diriger, sous ses yeux, de nouvelles recherches dans le but de parvenir à dorer tous les métaux par la pile. Il avait résolu ce problème avec le même succès que notre compatriote et avant lui, car le brevet de dorure galvanique exhibé à M. de Ruolz par les représentants de M. Elkington était antérieur de huit mois au brevet de M. de Ruolz. Le brevet de M. Elkington pour la dorure galvanique par le cyanure d'or demandé en France le 29 septembre 1840 avait été délivré à M. Elkington le 8 dé-

cembre 1840, tandis que le brevet de M. de Ruolz pour le même objet, demandé le 21 juin 1841, avait été délivré le 11 octobre 1841. Quant au procédé de *dorure au trempé*, il était bien acquis à M. Elkington, et M. de Ruolz n'aurait jamais songé à le lui disputer, car la création de cette industrie en Angleterre par M. Elkington, remontait à l'année 1837, et l'auteur l'avait importée en France, car il avait établi à Paris un atelier où cette opération s'exécutait quoique sur une petite échelle.

Il était évident qu'un procès allait s'engager, et que les capitaux des actionnaires français étaient menacés de disparaître avec ceux de l'entrepreneur anglais ; au milieu de tout cela, quelque frelon de l'industrie se serait jeté sur l'invention tombée à terre pendant la lutte. Il ne faut jamais désespérer des gens d'esprit. MM. Elkington et de Ruolz comprirent vite le péril ; au lieu de se quereller, ils se tendirent la main, et se décidèrent à exploiter en France leur invention en commun.

C'est pour cela que quand on passait, il y a peu d'années, sur le boulevard de l'Ambigu, on voyait à gauche du théâtre, s'étaler sur une belle grille cette inscription : *Maison Elkington et de Ruolz*, qui témoignait de la prudence et du bon esprit des associés.

C'est encore pour cela qu'au mois de juin 1842, le prix de 12 000 francs, fondé par Montyon pour l'assainissement des arts insalubres, fut partagé entre MM. Elkington et de Ruolz (1).

Maintenant, si vous nous demandez ce que c'est que M. Elkington, c'est tout simplement un industriel anglais, qui avait eu la bonne inspiration d'acheter d'un chimiste de son pays, M. Wright, les procédés de dorure décou-

(1) Il faut ajouter que M. de la Rive obtint un prix de 4 000 fr. pour avoir préparé la découverte, et pour avoir « *appliqué le premier les forces électriques à la dorure des métaux.* »

verts par ce dernier. Aujourd'hui M. Elkington inonde l'Angleterre et le nouveau monde des admirables produits de son industrie, et il est en train de faire, dans son établissement de Birmingham, une fortune de nabab.

Nous avons suffisamment parlé des inventeurs, passons maintenant à l'invention.

La nouvelle industrie de la dorure chimique se compose de deux branches distinctes : la *dorure par immersion* et la *dorure par voie galvanique*. La première, qui a été imaginée et mise en pratique en Angleterre par M. Elkington dès l'année 1836, ne donne qu'une couche métallique d'une excessive minceur; elle ne peut s'appliquer qu'au cuivre et à ses alliages, et sert exclusivement pour le filigrane de cuivre et les objets d'ornementation qui ne doivent pas être soumis à des frottements habituels. La dorure galvanique, due aux recherches simultanées de MM. Elkington et de Ruolz, s'applique à presque tous les métaux, elle donne des couches de toute épaisseur, et sert pour les objets destinés à de longs usages. Exposons rapidement les procédés de chacune de ces deux branches de la dorure chimique.

Toutes les fois que l'on plonge dans la dissolution d'un sel métallique un métal qui est plus oxydable que celui de la dissolution, ce dernier est précipité; il se dépose sur le métal immergé, qui lui-même se dissout alors dans le liquide. Que l'on place, par exemple, une lame de cuivre dans une dissolution d'azotate d'argent, la lame de cuivre se recouvrira d'argent métallique, en même temps une portion de cuivre, passant à l'état d'azotate, entrera en dissolution dans la liqueur pour remplacer l'argent précipité. Le même fait se reproduirait avec toutes les dissolutions des sels d'argent; il y aurait toujours précipitation de l'argent et dissolution d'une quantité correspondante de

cuivre. Ce principe établi, il est facile de comprendre théoriquement le nouveau procédé de dorure par voie humide, qui est connu dans le commerce sous le nom de *dorure par immersion* ou *dorure au trempé*. L'opération s'effectue en plongeant les objets de cuivre dans la dissolution d'un sel d'or : il se fait aussitôt sur le cuivre un dépôt d'or métallique aux dépens d'une partie correspondante du métal de la pièce immergée. On comprend que la couche d'or déposée doit être excessivement mince, car le dépôt est dû à l'action du cuivre sur la dissolution d'or, action qui cesse dès que l'or recouvre exactement le cuivre et le met ainsi à l'abri de l'action chimique de la liqueur.

C'est là le principe de la dorure par immersion; quant aux moyens pratiques, ils sont de la plus grande simplicité. La dissolution d'or sur laquelle on opère est du chlorure d'or que l'on fait bouillir pendant deux heures avec une grande quantité de bicarbonate de potasse; l'acide carbonique se dégage, et le chlorure d'or se transforme en aurate de potasse, sel qui a la propriété de céder l'or au cuivre à la température de l'ébullition. Ce liquide étant entretenu bouillant dans une bassine de fonte, on y plonge les objets à dorer (préalablement bien nettoyés et décapés par un acide), en les suspendant à une tige de métal que l'opérateur tient à la main. L'objet est doré en quelques secondes. Rien n'est plus curieux que de voir les pièces de cuivre plongées dans le liquide, et qui sortent du bain recouvertes aussitôt d'une couche d'or du plus bel éclat. L'objet ainsi doré est lavé dans une cuve d'eau, et séché à la sciure de bois, selon une pratique en usage dans l'orfévrerie. Par cette nouvelle méthode, la dorure d'un kilogramme de cuivre en lames très-minces ne coûte que de 18 à 20 francs; par l'ancien procédé elle coûtait souvent jusqu'à 120 francs pour les objets estampés; de plus,

quand les pièces étaient minces ou délicates, elles résistaient difficilement à l'action du mercure.

La dorure *au trempé*, qui ne peut s'effectuer qu'avec le cuivre ou ses alliages, ne donne qu'un vernis d'or d'une ténuité excessive. Passons à la dorure par voie galvanique, qui s'applique à presque tous les métaux et permet d'obtenir une dorure à toute épaisseur.

La dorure électro-chimique est fondée sur les mêmes principes que la galvanoplastie. En ce qui concerne la théorie, nous n'aurons par conséquent rien à ajouter aux explications données plus haut à propos de la précipitation galvanique des métaux. Bornons-nous à indiquer les moyens pratiques qui permettent de mettre ces procédés à exécution.

La pièce à dorer est attachée au pôle négatif d'une pile voltaïque, et les deux pôles de la pile plongent dans la dissolution du sel d'or; celle-ci est réduite sous l'influence du courant, et l'or vient se déposer au pôle négatif, c'est-à-dire sur la pièce à dorer. Comme l'or de la dissolution s'épuise au fur et à mesure de la marche de la pile, on a la précaution d'attacher au *pôle positif* une lame d'or, c'est-à-dire ce que l'on nomme en physique un *anode soluble*. Le cyanogène qui se porte au pôle positif de la pile, au lieu de se dégager, rencontrant l'or métallique, se combine avec lui et forme du cyanure d'or qui se dissout dans la liqueur. Par ce moyen ingénieux et simple, le bain est maintenu au même état de saturation, sans qu'il soit nécessaire de toucher à l'appareil.

Le succès de l'opération tient surtout à la nature des dissolutions d'or employées. Il ne suffit pas, en effet, d'obtenir un dépôt d'or métallique, il faut qu'il adhère assez fortement au métal pour subir l'action du brunissoir. Il faut encore que le dépôt conserve son adhérence, même

lorsque la couche d'or présente une certaine épaisseur. La variété extrême de composés d'or que M. de Ruolz a essayés et mis en usage lui a permis de résoudre complétement ces difficultés. Le cyanure d'or dissous dans le prussiate jaune de potasse, ou le cyanure simple de potassium, est le composé le plus employé dans la dorure galvanique. Le chlorure d'or et les chlorures doubles dissous dans les mêmes cyanures, le sulfure d'or, réussiraient également.

La dorure galvanique présente cet avantage capital, qu'elle peut s'appliquer à tous les métaux usuels.

L'argent, par exemple, se dore avec une telle facilité, que presque tout le vermeil du commerce s'obtient aujourd'hui par ce moyen. On varie à volonté l'épaisseur de la couche d'or; sur la même pièce on obtient à la fois de l'or mat et de l'or poli. En faisant des *réserves* à l'aide d'un vernis, on peut déposer alternativement sur la même pièce une couche d'or ou d'argent, et l'on réalise ainsi des mélanges extrêmement remarquables sous le rapport de l'art.

Le bronze et le laiton se dorent aussi bien que l'argent. On fabrique aujourd'hui avec ce dernier alliage des objets d'ornement et de décoration qui sont d'une élégance et d'une délicatesse exquises.

L'acier et le fer se dorent par cette méthode avec une grande solidité. Tout le monde sait qu'une foule d'objets usuels, tels que les couteaux de dessert, les instruments de chirurgie, les ustensiles de laboratoire, les armes, les montures de lunettes et une foule d'objets de fer et d'acier, reçoivent avec avantage ce vernis d'or qui est susceptible de résister à un long usage, pourvu que la couche d'or présente une certaine épaisseur.

L'or n'est pas, avons-nous dit, le seul métal que l'on puisse déposer, en couches plus ou moins épaisses, par les procédés galvaniques. Par l'emploi de dissolutions con-

venablement choisies, M. de Ruolz est parvenu à obtenir par les mêmes moyens des dépôts d'argent, de platine, de cuivre, de plomb, de cobalt, de nickel, de zinc, etc.

En remplaçant le cyanure d'or par du cyanure d'argent, et dissolvant ce cyanure d'argent dans du cyanure de potassium, on obtient un bain qui, sous l'influence décomposante de la pile, argente les métaux avec la plus grande facilité. On conduit l'opération comme pour la dorure, et on attache au pôle positif un *anode soluble* composé d'une lame d'argent qui, se combinant au cyanogène, au fur et à mesure que le cyanure d'argent se décompose au sein de la liqueur, forme ainsi de nouveau cyanure d'argent qui se dissout dans le bain sans qu'il soit nécessaire de toucher à l'appareil.

L'application de l'argent sur le cuivre, le laiton et le maillechort, se fait avec une telle facilité, qu'elle remplace maintenant tous les anciens procédés d'argenture légère. Ce nouveau procédé d'argenture a diminué dans une proportion notable la fabrication du plaqué, et fait complétement abandonner le procédé d'argenture à la feuille.

L'argenture a pris, dans les ateliers de M. Christofle, une très-grande extension (1); la vaisselle argentée constitue un des produits les plus importants de la nouvelle industrie électro-chimique. Cette industrie, exploitée aujourd'hui sur une très-grande échelle, constitue une des branches les plus florissantes du commerce de Paris. M. Elkington possède en Angleterre un établissement plus considérable encore. Les avantages remarquables à plusieurs titres que

(1) Les procédés de MM. de Ruolz et Elkington pour la dorure des métaux par la voie galvanique ont été acquis en France par M. Christofle, qui a fondé à Paris un établissement des plus importants pour l'application des nouveaux procédés de la dorure chimique. Il faut ajouter, cependant, que par suite de l'expiration des brevets, les procédés de dorure et d'argenture par la pile sont tombés aujourd'hui dans le domaine public.

présente l'usage de la vaisselle argentée par la pile, justifient et font comprendre ce succès. Malheureusement, le prix encore assez élevé de l'argenture galvanique empêche ces utiles produits de prendre toute l'extension qu'ils devraient recevoir dans les usages de l'économie domestique : la classe peu fortunée, pour laquelle ils offriraient le plus d'avantage, est contrainte d'y renoncer.

M. de Ruolz ne s'est pas borné à l'application galvanique des métaux précieux; étendant ses procédés à tous les métaux usuels, il a réussi à cuivrer, à zinguer, à étamer, à plomber divers métaux.

L'application du cuivre, de l'étain, du plomb, du nickel et du cobalt, ne semble pas présenter jusqu'ici, dans les arts, d'utilité bien manifeste, et ne peut servir que dans certains cas spéciaux et limités; mais l'application galvanique du zinc est une opération industrielle d'une incontestable valeur. On fabrique, depuis plusieurs années, sous le nom impropre de *fer galvanisé*, divers objets de tôle, de fonte ou de fer, recouverts de zinc, par la simple immersion de ces objets dans un bain de zinc fondu. Ce fer zingué jouit de propriétés éminemment utiles, trop peu connues et trop peu appréciées encore des industriels de notre pays. L'enveloppe de zinc qui recouvre le fer préserve ce métal si oxydable de toute altération par le contact de l'air ou de l'eau, et l'expérience a depuis longtemps démontré les avantages extraordinaires que présente le fer galvanisé, sous le rapport de sa durée et de sa résistance aux agents extérieurs. Malheureusement la nécessité de déposer le zinc à chaud enlevait au fer une partie de sa ténacité : il est d'ailleurs difficile et souvent impossible d'appliquer cette enveloppe de zinc aux objets d'art et aux pièces délicates, dont elle détruit ou ensevelit les formes. Le zincage du fer par la pile galvanique n'a aucun de ces inconvénients, car il s'exécute à froid et conserve ainsi la ténacité du mé-

tal; déposé en couches minces, il respecte les contours et les moindres détails des pièces métalliques. Le fer ainsi traité présente l'avantage de se conserver à l'abri de la rouille pendant de longues années, et il rend, sous ce rapport, d'immenses services dans les arts.

M. de Ruolz a fait, dans ces derniers temps, une très-belle application des procédés électro-chimiques en obtenant par la pile un dépôt d'alliages métalliques. Si l'on fait un mélange, dans des proportions convenables, de sulfate de zinc et de cyanure de cuivre, on obtient, par la pile, un dépôt simultané de cuivre et de zinc, et ces deux métaux, au moment de leur précipitation, s'unissent pour donner naissance à du laiton. Par des moyens semblables, on peut obtenir un dépôt de bronze avec des dissolutions de sels de cuivre et d'étain. Cette découverte, qui présentait, aux points de vue théorique et pratique, de nombreuses difficultés, est aujourd'hui mise à profit dans l'industrie pour recouvrir d'une enveloppe extérieure de cuivre des objets de fer, et réunir ainsi à l'économie de l'emploi du fer l'avantage de préserver de l'oxydation ce métal si altérable.

Nous avons exposé l'état présent de la galvanoplastie et le rôle que jouent, dans l'industrie actuelle, les procédés de la dorure et de l'argenture électro-chimiques. On comprend sans peine tous les services que ces moyens nouveaux promettent à l'ensemble des arts, l'impulsion neuve et féconde qu'en recevront le commerce et l'emploi des métaux précieux, enfin les avantages qu'ils assurent à l'économie usuelle et domestique. L'importance industrielle de l'électro-chimie et des opérations qui s'y rattachent est évidemment destinée à s'accroître beaucoup dans l'avenir. Resterait-elle d'ailleurs renfermée dans ses limites actuelles, la *galvanoplastie* n'en serait pas moins

digne d'être rangée parmi les découvertes les plus intéressantes de notre époque, par le nombre, la variété, l'étendue, la nouveauté de ses applications. Malheureusement, en toute chose humaine, le mal se trouve trop souvent placé à côté du bien. En matière d'industrie, nos forces ne peuvent s'agrandir et s'étendre sans fournir en même temps à la fraude des ressources nouvelles jusque-là inconnues. La galvanoplastie, qui promet à l'humanité d'incontestables avantages, apporte en même temps avec elle la menace d'imminents périls. Il y a rarement bénéfice à taire une vérité. Avouons donc, sans détour inutile, que la galvanoplastie, la dorure et l'argenture chimiques, mettent une arme nouvelle et une arme terrible aux mains du contrefacteur, du faux monnayeur et du faussaire. Sans entrer dans d'autres explications, il est facile de comprendre dans quelle situation se trouvent placés désormais la société, le commerce et l'industrie, en présence d'un art qui permet de copier en quelques instants, et avec la plus parfaite exactitude, toutes les surfaces en relief; qui, avec l'objet resté seulement quelques minutes entre les mains du contrefacteur, permet d'en obtenir le moule, et avec ce moule de reproduire l'original avec une fidélité si entière, qu'il est impossible à l'œil le plus exercé de distinguer le modèle de la copie; d'un art, enfin, qui permet de dorer, d'argenter, de platiner toute matière métallique à toute épaisseur, sans altérer en rien ses formes, et dont les produits s'obtiennent sans bruit, sans dépense, sans appareil extérieur, sans secours étranger et dans l'emplacement le plus exigu. Les institutions de la société civilisée se trouvent donc en face d'un pressant danger, et d'un danger d'autant plus sérieux, que jusqu'à ce moment personne n'a paru comprendre ni sa gravité ni son étendue. Aussi est-il urgent que le gouvernement, l'administration et le commerce, se mettent en

mesure pour ne pas être surpris un jour par quelque terrible réveil. De son côté, la science ne doit pas rester inactive, et elle possède et elle doit perfectionner les moyens de conjurer ces périls. Qu'elle s'applique donc à prévenir ou à détourner les effets de l'arme redoutable que le crime peut-être s'apprête à mettre en jeu, et qu'ainsi il lui soit donné de guérir elle-même le mal qu'elle a pu causer. Si, d'après la grande et juste image des Écritures, l'arbre de la science porte dans ses rameaux les fruits du bien mêlés aux fruits du mal, développons les germes heureux, et sachons élever hors de la portée de la main du crime les fruits empoisonnés.

Digitized by Google

LA PHOTOGRAPHIE

Il y a bien des motifs divers pour aimer, pour admirer cette invention brillante de la photographie, qui sera l'honneur de ce siècle et la gloire de notre patrie. Mais parmi les titres si nombreux qui la désignent à nos hommages, il en est un qui frappe surtout : c'est le témoignage éclatant qu'elle a fourni de la puissance et de la haute portée des sciences physiques de notre époque. Si l'on demandait quelque preuve irrécusable de la valeur des méthodes scientifiques actuelles et des résultats auxquels peut conduire leur application bien entendue, il ne faudrait pas chercher cette preuve ailleurs que dans la découverte de la photographie et dans la série admirable de ses perfectionnements successifs. Où trouver, en effet, un plus merveilleux enchaînement de créations fécondes ? Il y a trois siècles, un physicien napolitain, Jean-Baptiste Porta, imagina la chambre obscure. En plaçant une lentille convergente au-devant de l'orifice percé sur l'une des parois d'une boîte fermée de toutes parts, on obtenait, sur un écran placé à l'intérieur, la reproduction exacte de toutes les vues environnantes. Dans cet espace étroit venaient se peindre, avec une fidélité et une précision extraordinaires, le spectacle changeant, les aspects variés du paysage extérieur. Mais ces tableaux si parfaits n'étaient qu'une fugitive empreinte qui s'évanouissait avec la clarté

Digitized by Google

du jour. Trois siècles durant, on les considéra d'un œil d'envie, avec le regret de n'en pouvoir fixer la trace éphémère : le petit nombre de physiciens qui, dans ce long intervalle, avaient essayé d'aborder un tel problème, avaient reculé tout aussitôt, effrayés et comme honteux de leur audace. Plus tard, la chimie naissante vint s'exercer à son tour sur cet objet difficile : l'illustre Humphry Davy tenta de mettre à profit, pour fixer les images de la chambre obscure, la modification chimique que les composés d'argent subissent au contact des rayons lumineux. Malgré les ressources de son génie si pénétrant, Davy fut contraint d'abandonner l'entreprise. Tout espoir sous ce rapport semblait donc à jamais perdu, lorsque tout à coup un bruit étrange circula parmi les savants. Un homme s'était rencontré qui avait résolu le problème extraordinaire de fixer à jamais les dessins de la chambre obscure. Cet homme, cet artiste habile s'il en fut, c'était Daguerre. Jamais la science n'avait remporté une aussi brillante victoire, jamais preuve aussi merveilleuse de son pouvoir n'était venue s'offrir à l'admiration de tous. Personne n'a oublié le concert d'acclamations enthousiastes qu'excita l'annonce de cette découverte imprévue. Tout n'était pas dit néanmoins, car bientôt la rapide série des perfectionnements apportés à l'art photographique vint ajouter encore à l'admiration qu'avaient provoquée ses débuts. Quand les produits du daguerréotype furent connus pour la première fois, c'est à peine si l'on osait s'attendre à les voir s'enrichir de quelques progrès importants. Cet étrange problème de fixer l'image des objets extérieurs par l'action spontanée de la lumière paraissait alors résolu d'une manière si complète, qu'exiger des perfectionnements nouveaux semblait, à cette époque, une injustice et comme une offense envers le génie de l'inventeur. Cependant les améliorations progressivement apportées à la

méthode primitive changèrent peu à peu la face entière de la photographie, de telle sorte que les résultats obtenus à l'origine ne devaient plus être considérés que comme les ébauches de l'art. Les épreuves qui, au début, exigeaient un quart d'heure d'exposition à la lumière, purent s'obtenir en quelques secondes. L'empreinte du dessin photographique, d'abord si légère et si fugace, que le souffle d'un enfant aurait suffi pour l'enlever, fut bientôt fixée d'une manière inaltérable. Le miroitement métallique, qui ôtait tant de charme à ces images, disparut en grande partie, et le trait acquit en même temps une netteté incomparable. Grâce aux procédés électro-chimiques, l'or, le cuivre ou l'argent, déposés en minces pellicules, prêtèrent des tons séduisants à ces tableaux. Bientôt les plaques daguerriennes, transformées en planches propres à la gravure, permirent de multiplier à volonté ces types inimitables. Enfin, cet art déjà si merveilleux est entré dans une phase nouvelle. Le vœu, tant de fois exprimé, d'obtenir sur le papier les images photographiques, a été rempli avec un entier bonheur, et la découverte de procédés irréprochables pour l'exécution de la photographie sur papier est venue marquer notre dernier pas dans cette carrière d'inventions inattendues. Rien n'est plus propre à donner une idée exacte de la haute portée de nos sciences physiques que cette rapide et brillante série de créations successives qui, en quelques années, ont conduit la photographie à des résultats qu'il était à peine permis de soupçonner au début. Cette découverte, la plus remarquable de notre siècle, est encore celle qui fait le mieux apprécier le pouvoir et les ressources de la science contemporaine. Tel est aussi le double motif qui nous porte à présenter avec une certaine étendue les faits qui la concernent. Rappeler les circonstances qui ont présidé à la découverte de la photographie, faire connaître les perfectionnements di-

vers qu'elle a reçus depuis son origine, indiquer son état présent, signaler enfin les derniers problèmes qu'elle doit résoudre, tel est l'objet que nous avons à remplir pour cette Notice.

CHAPITRE PREMIER.

Travaux de Joseph Niepce. — Sa méthode pour la fixation des images de la chambre obscure. — Association de Niepce et Daguerre. — Mort de Joseph Niepce. — Travaux de Daguerre. — Communication de la découverte de Daguerre à l'Académie des sciences de Paris.

La création de la photographie appartient à deux hommes dont les travaux et le rôle respectifs, dans cette grande découverte, sont nettement établis : Niepce a, le premier, trouvé le moyen de fixer, par l'action chimique de la lumière, l'image des objets extérieurs; Daguerre a perfectionné les procédés photographiques de Niepce, et imaginé dans son ensemble la méthode générale actuellement en usage.

Né à Châlon-sur-Saône, en 1765, Joseph-Nicéphore Niepce était fils de Claude Niepce, écuyer, receveur des consignations au bailliage de Châlon. Élevé dans une certaine aisance, il avait atteint l'âge de vingt-sept ans sans trop se presser de choisir une profession. La carrière des armes offrait seule alors aux âmes tranquilles et aux esprits philosophiques le moyen d'éviter le triste spectacle des désordres qui bouleversaient la patrie ; Niepce chercha dans la vie des camps cette paix morale que la guerre civile avait chassée du foyer. Il fit, avec le grade de sous-lieutenant, une partie de la campagne d'Italie. Au bout de deux ans, les fatigues d'une maladie l'obligèrent de quitter

l'armée. Nommé, en 1794, administrateur du district de Nice, il conserva jusqu'en 1801 cette place qui convenait à la modération de ses goûts. Il rentra à cette époque dans sa ville natale. Son frère aîné, Claude Niepce, ne tarda pas à l'y rejoindre. Possédant dans les arts mécaniques des connaissances étendues, mais d'un caractère aventureux et mobile, ce dernier revenait en France après avoir couru les mers et visité les deux hémisphères. Il ne rapportait de ses longs voyages qu'un riche tribut de savoir et un goût prononcé pour les travaux de l'industrie. Doués des mêmes inclinations, animés des mêmes vues, les deux frères se réunirent pour tirer parti de leurs mutuelles connaissances; ils s'établirent sur le domaine patrimonial, dans une petite maison de campagne située aux bords de la Saône, aux environs de Châlon, et s'adonnèrent en commun à des recherches de science appliquée. Entre autres machines intéressantes ou utiles, les frères Niepce construisirent, en 1806, un appareil mécanique qu'ils désignaient sous le nom de *pyréolophore*, dans lequel l'air brusquement chauffé devait produire les effets de la vapeur. Fondé sur le principe même de la *machine Ericsson*, qui a beaucoup occupé de nos jours l'attention des mécaniciens, et dont il a été question dans le premier volume de cet ouvrage, cet appareil fut l'objet, à l'Institut, d'un rapport flatteur de Berthollet et de Carnot. Les frères Niepce s'occupèrent plus tard de la construction d'une machine hydrostatique nouvelle, qu'ils abandonnèrent cependant pour d'autres études. Le pastel, qu'ils cultivaient en grand dans leur domaine, leur donna ensuite l'occasion de préparer avec cette plante une matière colorante identique avec l'indigo des Indes, question d'une haute importance à une époque où la guerre extérieure privait le commerce français des produits coloniaux. Enfin, une invention des plus précieuses pour les beaux-arts vint changer la direction des travaux de Joseph

Niepce. La lithographie venait d'être importée en France, et cet art curieux fixait au plus haut degré l'attention générale. Partout on fouillait les carrières pour y trouver du calcaire lithographique. Saisi pour cet art nouveau d'un engouement qui dura plus de dix années, le public recherchait avec empressement les produits, encore fort imparfaits, sortis des mains des artistes. Les amateurs eux-mêmes s'essayaient à ces procédés intéressants, et jusque dans les châteaux on trouvait des presses lithographiques. Niepce fit divers essais de reproduction sur quelques pierres d'un grain délicat destinées à être jetées sur la route de Lyon. Ces tentatives ayant échoué, il imagina de substituer à la pierre un métal poli. Il essaya de tirer des épreuves sur une lame d'étain avec des crayons lithographiques, et c'est dans le cours de ces recherches qu'il conçut l'idée d'obtenir sur une plaque métallique la représentation des objets extérieurs par la seule action des rayons lumineux.

Par quelle série de transitions mystérieuses Niepce fut-il conduit, en partant de simples essais lithographiques, à aborder le problème le plus compliqué, le plus inaccessible peut-être de la physique de son temps? La question serait bien difficile à éclaircir. Niepce était fort éloigné d'être ce que l'on nomme un savant. Il appartenait à cette classe d'infatigables chercheurs qui, sans trop de connaissances techniques, avec un bagage des plus minces, s'en vont loin des chemins courus, par monts et par vaux, cherchant l'impossible, appelant l'imprévu, invoquant tout bas le dieu Hasard; Niepce, pour tout dire, était un demi-savant. La race des demi-savants est assez dédaignée, l'ignorance surtout aime à l'accabler de ses mépris; cependant il est peut-être bon de n'en pas trop médire; les demi-savants font peu de mal à la science, et de loin en loin ils ont des trouvailles inespérées. Précisément parce

qu'ils sont malhabiles à apprécier d'avance les éléments infinis d'un problème scientifique, ils se jettent du premier coup tout au travers des difficultés les plus ardues, ils touchent intrépidement aux questions les plus élevées et les plus graves, comme un enfant insouciant et curieux touche, en se jouant, aux ressorts d'une machine immense, et parfois ils arrivent ainsi à des résultats si étranges, à de si prodigieuses inventions, que les véritables savants en restent eux-mêmes confondus d'admiration et de surprise. Ce n'est pas un savant qui a découvert la boussole, c'est un bourgeois du royaume de Naples. Ce n'est pas un savant qui a découvert le télescope, ce sont deux enfants qui jouaient dans la boutique d'un lunetier de Middlebourg. Ce n'est pas un savant qui a réalisé les applications pratiques de la vapeur, ce sont deux ouvriers du Devonshire, le serrurier Thomas Newcomen et le vitrier Jean Cawley; et l'illustre James Watt, qui porta la machine à vapeur à un si haut degré de perfection, n'était, lorsqu'il commença de s'occuper de son étude, qu'un pauvre fabricant d'instruments de la ville de Glasgow. Ce n'est pas un savant qui a découvert la vaccine, ce sont des bergers du Languedoc. Ce n'est pas un savant qui a imaginé la lithographie, c'est un chanteur du théâtre de Munich. Il est donc prudent de ménager un peu cette race utile des demi-savants. C'est parce que Niepce n'était qu'un demi-savant que la photographie existe. Assurément, s'il eût été un savant complet, il n'eût pas ignoré qu'en se proposant de créer des images par l'action chimique de la lumière, il se posait en face des plus graves difficultés de la science; il se fut rappelé qu'en Angleterre l'illustre Humphry Davy, le patient Wedgewood, après mille essais infructueux, avaient regardé ce problème comme insoluble. Le jour où cette pensée audacieuse entra dans son esprit, il l'eût donc reléguée aussitôt à côté des rêveries de Wilkins ou

de Cyrano de Bergerac ; il eût tout au plus poussé un soupir de regret et passé outre. Heureusement pour la science et les arts, Niepce n'était savant qu'à moitié. Il ne s'effraya donc pas trop des difficultés qui l'attendaient. Il ne pouvait guère prévoir que cette question, en apparence si simple, lui coûterait vingt années de recherches, et que la mort le surprendrait avant qu'il eût reçu la récompense et la satisfaction légitime de ses travaux.

Les essais photographiques de Niepce remontent à l'année 1813 ; c'est dans les premiers mois de 1814 qu'il fit ses premières découvertes. 1814 ! cette date ne suffit-elle pas à elle seule pour montrer avec quelle passion ardente il a suivi la série de ses travaux? L'empire est menacé, le pays en feu, le sol en proie à l'invasion étrangère, toute l'Europe se réunit pour nous accabler; cependant il y a quelque part, derrière la Saône, un homme que le bruit de ces agitations immenses est impuissant à détourner de sa tâche. Que lui font à lui et les nations qui s'ébranlent et l'empire qui tombe; il a de bien autres sollicitudes : sur sa plaque il a aperçu aujourd'hui les premiers linéaments d'une image. Autour de lui tout s'agite, partout le trouble et l'anxiété, nul ne sait ce que la France sera demain. « Le soleil de demain éclairera-t-il le triomphe ou l'asservissement de la « patrie? » Voilà ce que tous les cœurs se demandent avec mille angoisses. Lui, tranquille au sein de tant d'alarmes, il se dit seulement : « Le soleil de demain impressionnera-« t-il la combinaison nouvelle que j'ai trouvée hier? » Dans une notice qu'il a publiée sur cette question, M. Niepce fils a pris la peine de prouver que les recherches de son père remontent à l'année 1813. Gardez vos preuves, elles sont inutiles ; il fallait bien que les travaux de ce terrible inventeur fussent antérieurs à 1814, puisque même les événements de cette année néfaste ne suffirent point à suspendre sa marche.

Quant aux principes de ses procédés photographiques, ils étaient d'une grande simplicité. Niepce savait ce que savent tous les peintres, qu'une certaine substance résineuse de couleur noire, le bitume de Judée, exposée à l'action de la lumière, y prend une couleur grisâtre en subissant une légère modification chimique. Voici comment il tira parti de cette propriété. Il s'occupa d'abord d'un objet assez insignifiant en apparence, mais qui avait l'avantage de préparer et d'éprouver les procédés pour l'avenir : il s'appliqua à reproduire des gravures. Il vernissait une estampe sur le *verso*, pour la rendre plus transparente, et l'appliquait sur une lame d'étain préalablement recouverte d'une couche de bitume de Judée. Les parties noires de la gravure arrêtaient les rayons lumineux; au contraire, les parties transparentes ou qui ne présentaient aucun trait de burin, les laissaient passer librement. Les rayons lumineux, traversant les parties diaphanes du papier, allaient blanchir la couche de bitume de Judée appliquée sur la lame métallique, et l'on obtenait ainsi une reproduction fidèle du dessin, dans laquelle les clairs et les ombres conservaient leur situation naturelle. En plongeant ensuite la lame métallique dans l'essence de lavande, les portions du bitume non impressionnées par l'agent lumineux étaient dissoutes, tandis que les parties modifiées par la lumière restaient sans se dissoudre; l'image se trouvait ainsi mise à l'abri de l'action ultérieure des rayons lumineux.

Mais la copie des gravures n'était qu'une opération d'un intérêt secondaire, ce n'était qu'un prélude; le problème photographique consistait à reproduire les dessins de la chambre obscure. Tout le monde connaît la chambre obscure. C'est une sorte de boîte fermée de toutes parts, dans laquelle la lumière s'introduit par un petit orifice. Les rayons lumineux émanant des objets placés au dehors

s'entre-croisent à l'entrée, et produisent, sur un écran disposé à l'intérieur de la boîte, une représentation en raccourci de ces objets. Pour donner plus de champ à l'image et pour en augmenter la netteté, on place devant l'orifice lumineux une lentille convergente. C'est donc là véritablement un œil artificiel dans lequel viennent se peindre toutes les vues extérieures. Ces images, il fallait les fixer; la chambre obscure est un miroir, de ce miroir il fallait faire un tableau.

En 1824, Niepce résolut ce problème, au moins dans son principe général. Le procédé qui lui permit de fixer les dessins de la chambre noire était fondé sur la même action chimique qu'il avait appliquée à la copie des gravures; il reposait sur ce fait, que le bitume de Judée, exposé pendant un certain temps aux rayons lumineux, se modifie de telle manière que les parties que la lumière a frappées deviennent insolubles dans certains liquides, et notamment dans l'essence de lavande, tandis que les parties non touchées par la lumière conservent la propriété de se dissoudre dans cette essence. Quant à la pratique de l'opération, Niepce procédait de la manière suivante. Il appliquait une couche de bitume de Judée sur une lame de *plaqué* ou cuivre recouvert d'argent; ainsi préparée, la planche était placée dans la chambre noire, et l'on faisait tomber à sa surface l'image transmise par la lentille de l'instrument. Au bout d'un temps assez long, la lumière avait agi sur la surface sensible. En plongeant alors la plaque dans un mélange d'essences de lavande et de pétrole, les parties de l'enduit bitumineux que la lumière avait frappées restaient intactes, tandis que les autres se dissolvaient. On obtenait ainsi un dessin dans lequel les clairs correspondaient aux clairs, et les ombres aux ombres; les clairs étaient formés par l'enduit blanchâtre de bitume, les ombres par les parties polies et dénudées du métal, les

demi-teintes par les portions du vernis sur lesquelles le dissolvant avait partiellement agi. Comme ces dessins métalliques n'avaient qu'une médiocre vigueur, Niepce essaya de les renforcer en exposant la plaque à l'évaporation spontanée de l'iode ou aux vapeurs émanées du sulfure de potasse, afin de produire un fond noir sur lequel les traits se détacheraient avec plus de fermeté; mais il ne réussit qu'incomplétement à obtenir ce résultat.

L'inconvénient capital de ce moyen, c'était le temps considérable qu'exigeait l'impression lumineuse. Le bitume de Judée est une substance qui ne se modifie par l'action de la lumière qu'avec une lenteur excessive ; il ne fallait pas moins de dix heures pour produire un dessin. Pendant cet intervalle, le soleil, qui n'attendait pas le bon plaisir de cette substance paresseuse, déplaçait les lumières et les ombres avant que l'image fût entièrement saisie. Ce procédé était donc fort imparfait ; cependant le problème photographique était, comme on le voit, résolu dans son principe.

Niepce put dès lors s'occuper d'appliquer sa découverte à l'art de la gravure ; car tel était, il faut bien le remarquer, le but qu'il se proposait dans les essais que nous venons de rapporter. Il n'eut pas de peine à y réussir ; en attaquant ses plaques par un acide affaibli, il creusait le métal en respectant les traits abrités par l'enduit résineux ; il formait ainsi des planches à l'usage des graveurs. Il avait donc à peu près résolu le problème qu'il s'était posé vingt ans auparavant, et qui consistait à créer une branche nouvelle de la typographie, supérieure à la lithographie et à la gravure, dans laquelle la lumière seule produirait directement, sur une plaque métallique, un dessin qu'il suffirait ensuite d'attaquer par un acide, pour rendre la plaque immédiatement propre au tirage typographique. Niepce désignait ce nouveau procédé de gravure sous le nom d'*héliographie*.

M. Lemaître, graveur à Paris, à qui Niepce avait confié le tirage de ses planches, possède encore quelques gravures de ce genre que nous avons pu examiner; elles sont d'être imparfaites.

Cependant, à l'époque où Niepce voyait réussir de cette manière ses travaux photographiques, il y avait à Paris un homme que le genre tout spécial de ses connaissances et la nature de ses occupations habituelles avaient conduit à s'occuper de recherches analogues : c'était Daguerre. Peintre habile, il était depuis longtemps connu des artistes, bien qu'il ne se fût guère occupé que de décorations de théâtre. Les toiles remarquables qu'il avait composées pour l'Ambigu, et plus tard pour l'Opéra, lui avaient fait en ce genre une sorte de célébrité. Mais il avait surtout fondé sa réputation par l'invention du *Diorama*. On connaît les effets remarquables qu'il avait réussi à produire en représentant sur une même toile deux scènes différentes, qui apparaissaient successivement sous les yeux des spectateurs par de simples artifices d'éclairage. La *Messe de minuit*, l'*Éboulement de la vallée de Goldau*, la *Basilique de Sainte-Marie*, et quelques autres toiles qui furent consumées dans l'incendie du Diorama, en 1839, ont laissé de précieux souvenirs dans la mémoire des artistes. Ces études si spéciales du jeu et des combinaisons de la lumière avaient amené Daguerre à entreprendre de fixer les images de la chambre obscure. Toutefois, malgré des recherches persévérantes, il n'avait encore rien trouvé, lorsqu'il apprit que, dans un coin ignoré de la province, on avait résolu ce difficile problème.

Voici comment s'établirent les premiers rapports entre les deux inventeurs de la photographie. Les difficultés que Niepce rencontrait dans l'exécution de ses empreintes photographiques tenaient surtout à l'imperfection des lentilles de chambre obscure que l'on possédait à cette époque.

En 1825, MM. Vincent et Charles Chevalier ayant inventé le *prisme ménisque*, perfectionnement important de cet appareil optique, Niepce chargea l'un de ses parents qui traversait Paris, de faire pour lui l'acquisition de ce prisme, qu'il destinait à former l'objectif de la chambre noire.

« Dans les premiers jours de janvier 1826, dit M. Isidore Niepce, dans la courte notice qu'il a consacrée en 1841 aux travaux de son père, un de nos parents, M. le colonel Niepce, appelé au commandement de l'île de Ré, fut obligé, pour affaires relatives à son service, de se rendre à Paris. A son départ pour la capitale, il se chargea d'acheter pour mon père un prisme ménisque de l'invention de MM. Vincent et Charles Chevalier, opticiens. Ce prisme fut promis sous peu de jours. Dans la conversation qui s'établit entre M. le colonel Niepce et M. Chevalier, quelques mots furent prononcés sur la découverte de mon père. Grande fut la surprise de M. Chevalier, auquel le colonel fut contraint d'assurer que la chose existait réellement, et qu'il en était d'autant plus certain qu'il avait lui-même vu des épreuves. Le lendemain de cette communication, M. Daguerre se présenta chez M. Chevalier, qui s'empressa de l'instruire de ce qu'il avait appris. M. Daguerre se montra d'abord incrédule; puis, sur les détails positifs de l'opticien, il le pria instamment de lui procurer le nom et la demeure de l'auteur d'une aussi curieuse invention. M. Vincent Chevalier accéda au désir de M. Daguerre, et quelques jours après mon père reçut une lettre signée par le directeur du Diorama (1). »

Les provinciaux de la bonne roche nourrissent à l'endroit des Parisiens certaines défiances instinctives; Niepce accueillit assez mal les ouvertures de Daguerre : « Bon, disait-il, voilà un de ces Parisiens qui veut me tirer les vers du nez ! » Il jugea donc utile, avant de s'engager en rien, de recueillir quelques renseignements sur son correspondant inconnu, et voici ce qu'il écrivait, le 2

(1) *Historique de la découverte improprement nommée daguerréotype*, par Isidore Niepce fils, p. 20.

février 1827, à M. Lemaître, l'habile graveur de Paris qui s'était chargé du soin de terminer ses plaques photographiques.

« Connaissez-vous, monsieur, un des inventeurs du *Diorama*, M. Daguerre? Voici pourquoi je vous fais cette question. Ce monsieur ayant été informé, je ne sais trop comment, de l'objet de mes recherches, m'écrivit l'an passé, dans le courant de janvier, pour me faire savoir que depuis fort longtemps il s'occupait du même objet, et pour me demander si j'avais été plus heureux que lui dans les résultats. Cependant, à l'en croire, il en aurait déjà obtenu de très-étonnants ; et malgré cela il me priait de lui dire d'abord si je croyais la chose possible. Je ne vous dissimulerai pas, monsieur, qu'une pareille incohérence d'idées eut lieu de me surprendre, pour ne rien dire de plus. J'en fus d'autant plus discret et réservé dans mes expressions ; toutefois je lui écrivis d'une manière assez honnête, assez obligeante pour provoquer de sa part une nouvelle réponse. Je ne la reçois qu'aujourd'hui, c'est-à-dire après un intervalle de plus d'un an, et il me l'adresse uniquement pour savoir où j'en suis, et pour me prier de lui *faire passer une épreuve, bien qu'il doute qu'il soit possible d'être entièrement satisfait des ombres par ce procédé de gravure; ce qui le fait tenter des recherches dans une autre direction, tenant plutôt à la perfection qu'à la multiplicité.* Je vais le laisser dans la voie de la *perfection*, et par une réponse laconique, couper court à des relations dont la *multiplicité*, comme vous pouvez bien le penser, pourrait me devenir également désagréable et fatigante. Veuillez me mander si vous connaissez personellement M. Daguerre, et quelle opinion vous avez de lui. »

D'après les renseignements favorables que son correspondant lui fournit sur le peintre du Diorama, Niepce se détermina à répondre à Daguerre, mais il le fit avec toute la prudence d'un homme qui craint de compromettre son secret. Daguerre désirait ardemment avoir entre les mains une gravure exécutée par les procédés de Niepce. Ce dernier, après avoir longtemps éludé cette demande, se décida enfin à lui adresser une de ses planches photogra-

phiques avec la gravure sur papier qu'elle avait fournie. Il accompagna cet envoi de la lettre suivante :

CHALON-SUR-SAÔNE, le 4 juin 1827.

« MONSIEUR,

« Vous recevrez presque en même temps que ma lettre une caisse contenant une planche d'étain gravée d'après mes procédés héliographiques, et une épreuve de cette même planche, très-défectueuse et beaucoup trop faible. Vous jugerez par là que j'ai besoin de toute votre indulgence, et que si je me suis décidé à vous adresser cet envoi, c'est uniquement pour répondre au désir que vous avez bien voulu me témoigner. Je crois, malgré cela, que ce genre d'application n'est point à dédaigner, puisque j'ai pu, quoique étranger à l'art du dessin et de la gravure, obtenir un semblable résultat. Je vous prie, monsieur, de me dire ce que vous en pensez. Ce résultat n'est pas même récent, il date du printemps passé ; depuis lors j'ai été détourné de mes recherches par d'autres occupations. Je vais les reprendre aujourd'hui, que la campagne est dans tout l'éclat de sa parure, et me livrer exclusivement à la copie des points de vue d'après nature. C'est sans doute ce que cet objet peut offrir de plus intéressant; mais je ne me dissimule point non plus les difficultés qu'il présente au travail de la gravure. L'entreprise est donc bien au-dessus de mes forces ; aussi toute mon ambition se borne-t-elle à pouvoir démontrer par des résultats plus ou moins satisfaisants la possibilité d'une réussite complète, si une main habile et exercée aux procédés de l'*aqua tinta* coopérait par la suite à ce travail. Vous me demanderez probablement, monsieur, pourquoi je grave sur étain au lieu de graver sur cuivre. Je me suis bien servi également de ce dernier métal, mais pour mes premiers essais j'ai dû préférer l'étain, dont je m'étais d'ailleurs procuré quelques planches destinées à mes expériences dans la chambre noire; la blancheur éclatante de ce dernier métal le rendait bien plus propre à réfléchir l'image des objets représentés.

« Je pense, monsieur, que vous aurez donné suite à vos premiers essais ; vous étiez en trop beau chemin pour en rester là ! Nous occupant du même objet, nous devons trouver un égal intérêt dans la réciprocité de nos efforts pour atteindre le but. J'apprendrai donc avec bien de la satisfaction que la nouvelle

expérience que vous avez faite à l'aide de votre chambre noire perfectionnée a eu un succès conforme à votre attente. Dans ce cas, monsieur, et s'il n'y a pas d'indiscrétion de ma part, je serais aussi désireux d'en connaître le résultat que je serais flatté de pouvoir vous offrir celui de mes recherches du même genre qui vont m'occuper. »

En adressant à Daguerre un échantillon de ses produits, Niepce manifestait le désir assez naturel de connaître le résultat des travaux de son correspondant sur le même sujet ; mais rien ne lui fut envoyé. Deux mois après, il fut obligé de se rendre en Angleterre, auprès de son frère dangereusement malade à Kiew ; à son passage à Paris, il vit Daguerre pour la première fois. On s'entretint longtemps de l'intéressante découverte, mais Daguerre ne montra rien qui se rattachât à des essais photographiques.

Arrivé à Londres, Niepce présenta à quelques-uns des membres de la Société royale divers échantillons de ses produits, et, sur leur invitation, il écrivit à ce sujet un mémoire qui fut adressé à cette Société savante, le 8 décembre 1827. M. Bauer, qui a fait connaître ce fait dans une lettre adressée au rédacteur de la *Gazette de littérature* de Londres, affirme « que les spécimens apportés par Niepce, « et exposés en Angleterre en 1827, et dont quelques-uns « sont encore entre ses mains, étaient tout aussi parfaits « que les produits de M. Daguerre, décrits dans les papiers « français de 1839. » Cependant, comme l'inventeur se refusait à rendre ses procédés publics, le mémoire et les échantillons lui furent rendus, et la Société royale ne s'occupa plus de cet objet.

A son retour de Londres, Niepce se présenta de nouveau chez Daguerre, mais il n'emporta que le regret de n'avoir rien acquis sur ses travaux. Cependant la correspondance ne fut pas interrompue entre eux. Daguerre assurait avoir découvert de son côté un procédé pour la fixation des

images de la chambre obscure, procédé *tout différent de celui de M. Niepce, et qui avait même sur lui un degré de supériorité ;* il parlait aussi d'un perfectionnement qu'il avait apporté à la construction de la chambre noire.

Séduit par cette assurance, et estimant que ses procédés en étaient parvenus à un point tel qu'il lui serait difficile, en restant livré à ses seules ressources, de les faire beaucoup avancer, Niepce proposa à Daguerre de s'associer à lui pour s'occuper en commun des perfectionnements que réclamait son invention. Un traité fut passé entre eux à Châlon, le 14 décembre 1829; après la signature de l'acte, Niepce communiqua à Daguerre tous les faits relatifs à ses procédés photographiques.

Une fois initié au secret de la découverte de Niepce, Daguerre s'appliqua sans relâche à la perfectionner. Il remplaça le bitume de Judée par la résine que l'on obtient en distillant l'essence de lavande, matière qui jouit d'une certaine sensibilité lumineuse. Au lieu de laver la plaque dans une huile essentielle, il l'exposa à l'action de la vapeur fournie par cette essence à la température ordinaire. La vapeur laissait intactes les parties de l'enduit résineux frappées par la lumière, elle se condensait sur les parties restées dans l'ombre. Ainsi le métal n'était nulle part mis à nu; les clairs étaient représentés par la résine blanchie, les ombres par la résine dissoute dans l'huile essentielle, et qui formait à la surface du métal une sorte de vernis transparent. L'opposition de teinte entre le mat des particules blanchies par la lumière et la diaphanéité des autres parties de la plaque produisait seule les effets du dessin.

Il importe de remarquer que cette méthode de Daguerre différait en un point capital du procédé primitif de Niepce. Le premier inventeur ne formait une image sur sa plaque d'argent que dans le but de s'en servir pour obtenir une planche typographique qui, soumise ensuite au tirage, don-

nerait des épreuves sur papier ; Daguerre changeait complètement la nature de l'opération. La plaque métallique n'était plus un moyen intermédiaire pour arriver à la gravure ; elle constituait l'épreuve définitive ; c'est sur le métal même que le dessin devait demeurer, et il ne pouvait servir, comme dans le procédé originel de Niepce, à tirer un grand nombre d'épreuves sur papier. Daguerre eut donc le premier la pensée de former directement les images photographiques sur une plaque de métal, selon la méthode usitée de nos jours. Ce fut sans doute un progrès pour la perfection des produits, mais le défaut de ne pouvoir donner qu'un seul type à chaque opération rendait cette méthode inférieure sous un côté important au procédé primitif de Niepce.

Toutefois cette modification du procédé de Niepce ne diminuait que faiblement la durée de l'exposition dans la chambre noire : sept à huit heures étaient encore nécessaires pour obtenir une vue. Cette méthode avait d'ailleurs un inconvénient fort grave : au bout d'un certain temps l'image s'effaçait en partie.

Heureusement le hasard amena les inventeurs dans la bonne voie. On a vu qu'avant son association avec Daguerre, Niepce avait essayé de donner plus de vigueur à ses dessins en renforçant les noirs à l'aide des émanations sulfureuses ou des vapeurs de l'iode. Or, il arriva un jour qu'une cuiller laissée par mégarde sur une plaque d'argent iodurée, y marqua son empreinte, sous l'influence de la lumière ambiante. Cet enseignement ne fut pas perdu. Aux substances résineuses on substitua l'iode, qui donne aux plaques d'argent une sensibilité lumineuse exquise. Ce fut le premier pas vers l'entière solution d'un problème qui avait déjà coûté vingt années de recherches.

Mais il n'était pas réservé au premier inventeur de voir s'accomplir le triomphe définitif dans lequel il avait placé

toutes les espérances de sa vie : Niepce, alors âgé de soixante-trois ans, mourut à Châlon le 5 juillet 1833. Il mourut pauvre et ignoré. L'auteur de la plus curieuse découverte de notre siècle s'éteignit sans gloire, ignoré de ses concitoyens, avec la pensée désolante d'avoir perdu vingt années de sa laborieuse carrière, dissipé son patrimoine et compromis l'avenir de sa famille à la poursuite d'une chimère.

Resté seul, Daguerre continua ses recherches avec ardeur. C'est alors qu'il réalisa l'admirable découverte de l'influence qu'exercent les vapeurs de mercure pour faire apparaître l'image photographique. Daguerre reconnut le premier ce fait étonnant, que l'image formée par l'action de la lumière sur une plaque recouverte d'iodure d'argent est invisible dans les conditions ordinaires, mais qu'elle apparaît subitement si l'on expose la plaque aux vapeurs du mercure. Ce phénomène, absolument ignoré jusque-là, donna une valeur immense aux premiers résultats obtenus par Niepce ; et en même temps qu'il fournissait les moyens de créer la photographie, il ouvrait à la physique tout un champ nouveau d'observations et de recherches. Avec une habileté remarquable, Daguerre sut tirer parti de ce fait pour la formation des images photographiques, et, cinq ans après la mort de Niepce, il avait imaginé la méthode admirable qui immortalisera son nom.

La découverte de Niepce et de Daguerre fut connue pour la première fois en France par l'annonce publique qu'en fit Arago à l'Académie des sciences, le 7 janvier 1839. Chacun se souvient de l'impression extraordinaire qu'elle produisit en France et bientôt dans l'Europe entière. Le nom de Daguerre acquit en quelques jours une célébrité immense. Toutes les voix de la presse célébrèrent à l'envi ce nom presque inconnu la veille ; mais du modeste et infortuné Niepce, pas un mot : dans cet élan général d'en-

thousiasme et d'admiration, il n'y eut pas une parole de reconnaissance pour le pauvre inventeur mort à la tâche.

Dans sa communication académique, Arago s'était borné à faire connaître le principe de la découverte et à présenter les produits de cet art nouveau ; il avait dû se taire sur les procédés employés par l'habile artiste. Cependant une telle découverte ne pouvait rester secrète. Concentrée entre les mains d'un seul, elle serait demeurée longtemps stationnaire ; devenue publique, elle devait, au contraire, grandir et s'améliorer par le concours de tous. Il était donc nécessaire qu'elle devînt une propriété publique.

Dans la séance du 15 juin 1839, le gouvernement présenta à la chambre des députés un projet de loi portant la demande d'une récompense nationale accordée aux inventeurs de la photographie, qui consentaient à rendre leurs procédés publics. A la suite des rapports d'Arago à la chambre des députés, et de Gay-Lussac à la chambre des pairs, la convention provisoire conclue entre le ministre de l'intérieur et Daguerre et M. Niepce fils fut convertie en loi. On accorda une pension viagère de 6 000 francs à Daguerre, et une pension de 4 000 francs à M. Niepce fils. Le chiffre mesquin de cette rémunération s'efface devant la pensée qui l'avait dictée. Nul, dans le gouvernement ni dans les chambres, ne prétendit payer la découverte à sa juste valeur. Le titre de *récompense nationale* témoigne suffisamment que c'était là surtout un hommage solennel de la reconnaissance du pays au talent et au désintéressement des inventeurs.

Arago put alors donner connaissance au public du procédé de Daguerre ; il le communiqua à l'Académie des sciences, le 10 août 1839. Ceux qui eurent le bonheur d'assister à cette séance en conserveront longtemps le souvenir. Il serait difficile en effet de trouver dans l'his-

toire des compagnies savantes une plus belle, une plus solennelle journée. L'Académie des beaux-arts s'était réunie à l'Académie des sciences. Sur les bancs réservés au public, se pressait tout ce que Paris renfermait d'hommes éminents dans les sciences, dans les lettres, dans les beaux-arts. Tous les yeux cherchaient l'heureux artiste qui avait conquis si vite une renommée européenne; on espérait l'entendre prononcer lui-même la révélation si désirée. Lui, cependant, s'était modestement dérobé à ce triomphe si légitime; il avait déféré cet insigne honneur à Arago, qui avait pris l'invention nouvelle sous son savant et bienveillant patronage. Si, au dedans, les rangs étaient pressés, au dehors l'affluence était énorme; le vestibule regorgeait de curieux, gens malavisés qui n'étaient venus que deux heures avant l'ouverture de la séance. Enfin, tout d'un coup la porte s'ouvre, et l'un des assistants arrive tout empressé de communiquer au dehors le secret si impatiemment attendu. « Le procédé consiste, dit-il, « dans l'emploi du bitume de Judée et de l'essence de « lavande! » Je vous laisse à penser l'embarras, la surprise et les mille questions. Le bitume de Judée! l'essence de lavande! Mais que peuvent avoir de commun le bitume de Judée et l'essence de lavande avec ces charmantes images que nos yeux ne se lassent pas de contempler! Attendez cependant, voici un autre officieux et mieux renseigné cette fois : « Il est bien question de « bitume de Judée! il est bien question d'essence de « lavande! C'est de l'iode et puis du mercure, et puis de « l'hyposulfite de soude! » Comprenne qui pourra. Cependant le mystère finit par s'éclaircir, et la foule se retire peu à peu, encore tout agitée de ces émotions délicieuses, heureuse d'applaudir à une création nouvelle du génie de la France, fière d'accorder à l'Europe un si magnifique présent.

Quelques heures après, les boutiques des opticiens étaient assiégées ; il n'y avait pas assez de chambres obscures pour satisfaire le zèle de tant d'amateurs empressés. On suivait d'un œil de regret le soleil qui déclinait à l'horizon, emportant avec lui la matière première de l'expérience. Mais dès le lendemain, on put voir à leur fenêtre, aux premières heures du jour, un grand nombre d'expérimentateurs s'efforçant, avec toute espèce de précautions craintives, d'amener sur une plaque préparée l'image de la lucarne voisine, ou la perspective d'une population de cheminées. Quelles joies innocentes, quelles ravissantes angoisses, mais quels désappointements cruels ! Lorsque après un quart d'heure de mortelle attente, on retirait la plaque de la chambre noire, on trouvait un ciel couleur d'encre ou des murailles en deuil. Cependant, dans ces tableaux informes, il y avait toujours quelque trait furtif d'une délicatesse achevée; la masse était confuse, mais on pouvait y saisir quelque détail admirablement venu, qui arrachait un cri de surprise et presque des larmes de plaisir. C'était la balustrade d'une fenêtre qui était superbe; c'était le grillage voisin qui avait imprimé sur le fidèle écran son image de dentelle. Sur cette plaque où tout paraît confus, vous n'apercevez rien, mais regardez mieux, prenez une loupe : là, dans ce petit coin du tableau, il y a une mince ligne, c'est la tige éloignée de ce paratonnerre que vos yeux aperçoivent à peine; mais le merveilleux instrument l'a vu, et il vous l'a rapporté.

Au bout de quelques jours, sur les places de Paris, on voyait des daguerréotypes braqués contre les principaux monuments. Tous les physiciens, tous les chimistes, tous les savants de la capitale, mettaient en pratique, avec un succès complet, les indications de l'inventeur.

CHAPITRE II.

Description des procédés de la photographie sur plaque métallique. — Perfectionnements successifs apportés aux opérations du daguerréotype.

Les images photographiques obtenues au moyen du procédé de Daguerre, c'est-à-dire sur métal, se forment à la surface d'une lame de cuivre argenté. On expose pendant quelques minutes une lame de plaqué aux vapeurs spontanément dégagées par l'iode à la température ordinaire; elle se recouvre d'une légère couche d'iodure d'argent, par suite de la combinaison de l'iode et du métal, et le mince voile d'iodure d'argent ainsi formé présente une surface éminemment sensible à l'impression des rayons lumineux. La plaque iodurée est placée alors au foyer de la chambre noire, et l'on fait arriver à sa surface l'image formée par la lentille. La lumière a la propriété de décomposer l'iodure d'argent; par conséquent, les parties vivement éclairées de l'image décomposent, en ces points, l'iodure d'argent; les parties obscures restent au contraire sans action; enfin les espaces correspondant aux demi-teintes sont influencés selon que ces demi-teintes se rapprochent davantage des ombres ou des clairs.

Quand on la retire de la chambre obscure, la plaque ne présente encore aucune empreinte visible; elle conserve uniformément sa teinte jaune d'or. Pour faire apparaître l'image, une autre opération est nécessaire : la plaque doit être soumise à l'action des vapeurs du mercure. On la dispose donc dans une petite boîte, et l'on chauffe

légèrement du mercure contenu dans un réservoir qui se trouve à la partie inférieure de la boîte. Les vapeurs du mercure se dégagent bientôt et viennent se condenser sur le métal ; mais le mercure ne se dépose pas uniformément sur toute la surface, et c'est précisément cette condensation inégale qui donne naissance au dessin. En effet, par un phénomène étrange, que la science a jusqu'ici vainement tenté d'expliquer, les vapeurs de mercure viennent se condenser uniquement *sur les parties que la lumière a frappées*, c'est-à-dire sur les portions de l'iodure d'argent que les rayons lumineux ont chimiquement décomposées ; les parties restées dans l'ombre ne prennent pas de mercure. Le même effet se produit pour les demi-teintes. Il résulte de là que les parties éclairées sont accusées par un vernis brillant de mercure, et les ombres par la surface même de l'argent. Pour les personnes qui assistent pour la première fois à cette curieuse partie des opérations photographiques, c'est là un spectacle étrange et véritablement merveilleux. Sur cette plaque, qui ne présente aucun trait, aucun dessin, aucun aspect visible, on voit tout d'un coup se dégager une image d'une perfection sans pareille, comme si quelque divin artiste la traçait de son invisible pinceau.

Cependant tout n'est pas fini. La plaque est encore imprégnée d'iodure d'argent, et si on l'abandonnait à elle-même en cet état, l'iodure continuant à noircir sous l'influence de la lumière ambiante, tout le dessin serait détruit. Il faut donc débarrasser la plaque de cet iodure. On y parvient en la plongeant dans une dissolution d'un sel, l'hyposulfite de soude, qui a la propriété de dissoudre l'iodure d'argent, et en opérant dans un lieu obscur. Après ce lavage, l'épreuve peut être exposée sans aucun risque à l'action de la lumière la plus intense; tout à l'heure on ne pouvait la manier que dans l'obscurité, ou tout au

plus à la lueur d'une bougie, on peut maintenant l'exposer sans crainte en plein soleil.

On voit, en définitive, que dans les épreuves daguerriennes l'image est formée par un mince voile de mercure déposé sur une surface d'argent; les reflets brillants du mercure représentent les clairs, les ombres sont produites par le bruni de l'argent; l'opposition, la réflexion inégale de la teinte de ces deux métaux, suffisent pour produire les effets du dessin.

Tel est l'ensemble des opérations dans le procédé imaginé par Daguerre; il nous reste à faire connaître les perfectionnements nombreux qui ont été apportés depuis cette époque à la méthode primitive de l'inventeur.

Une fois tombée dans le domaine public, la photographie a fait des progrès immenses. Un résumé rapide fera comprendre l'importance des perfectionnements qu'elle a reçus.

Les épreuves obtenues d'après le procédé de Daguerre, bien que remarquables à divers titres, avaient pourtant un grand nombre de défauts qui en diminuaient beaucoup la valeur. Les amateurs et les curieux conservent aujourd'hui avec soin quelques spécimens de photographie sur plaque remontant à cette époque : la génération des opérateurs actuels ne peut regarder sans un sourire ces témoignages authentiques de l'état de la photographie à sa naissance. Ces épreuves, telles qu'on les obtenait en 1839, offraient un miroitage des plus désagréables, le trait n'était visible que sous une certaine incidence de la plaque, et dans certains cas, ce défaut allait si loin, que l'épreuve ressemblait plutôt à un moiré métallique qu'à un dessin. Le champ de la vue était extrêmement limité. Les objets animés ne pouvaient être reproduits. Les masses de verdure n'étaient accusées qu'en silhouette, et le ton général

du dessin était criard. Enfin, il était à craindre que, par suite de la volatilisation spontanée du mercure, l'image ne finît, sinon par disparaître entièrement, au moins par perdre de sa netteté et de sa vigueur. La plupart de ces défauts étaient la conséquence du temps considérable exigé pour l'impression lumineuse : en effet, un quart d'heure d'exposition à une lumière très-vive était indispensable pour obtenir une épreuve. Aussi les premiers efforts de perfectionnement eurent-ils pour but de diminuer la durée de l'exposition de la plaque dans la chambre obscure.

Ce résultat fut en partie obtenu par des modifications apportées à l'objectif de la chambre noire. Daguerre avait fixé avec beaucoup de soin les dimensions de l'objectif, mais on reconnut bientôt que les règles qu'il avait posées à cet égard, excellentes pour la reproduction des vues et des objets éloignés, ne pouvaient s'appliquer aux objets plus petits ou plus rapprochés. On imagina donc de raccourcir le foyer de la lentille; par cet artifice, on condensa sur la plaque une quantité de lumière beaucoup plus grande, et la plaque étant ainsi plus vivement éclairée, on put diminuer d'une manière notable la durée de l'exposition dans la chambre noire. Bientôt un opticien français, M. Ch. Chevalier, imagina une modification particulière de l'objectif, qui en doubla, pour ainsi dire, la puissance. La chambre noire qu'avait employée Daguerre n'avait qu'un objectif. M. Chevalier eut l'idée de réunir et de combiner deux objectifs achromatiques pour en faire la lentille de l'instrument. Cette disposition permit tout à la fois de raccourcir les foyers pour concentrer sur le même point une grande quantité de lumière, d'agrandir le champ de la vue, et de faire varier à volonté les distances focales. La disposition et la combinaison de ces deux lentilles sont tellement ingénieuses, que, sans employer de diaphragme,

on conserve à la lumière toute sa netteté et toute son intensité. Le système du double objectif permit de réduire de beaucoup la durée de l'exposition lumineuse; on put opérer en deux ou trois minutes.

Toutefois ce problème capital d'abréger la durée de l'exposition lumineuse ne fut complétement résolu qu'en 1841, grâce à une découverte d'une incalculable valeur. M. Claudet, artiste français qui avait acheté à Daguerre le privilége exclusif d'exploiter en Angleterre les procédés photographiques, découvrit, en 1841, les propriétés des *substances accélératrices*. On donne, en photographie, le nom de substances accélératrices à certains composés qui, appliqués sur la plaque *préalablement iodée*, en exaltent à un degré extraordinaire la sensibilité lumineuse. Par elles-mêmes, ces substances ne sont pas photographiques, c'est-à-dire qu'employées isolément elles ne formeraient point une combinaison capable de s'influencer chimiquement au contact de la lumière; mais si on les applique sur une plaque déjà iodée, elles communiquent à l'iode la propriété de s'impressionner en quelques secondes. Les composés capables de stimuler ainsi l'iodure d'argent sont extrêmement nombreux. Le premier, dont la découverte est due à M. Claudet, est le chlorure d'iode; mais il le cède de beaucoup en sensibilité aux composés découverts postérieurement. Le brome en vapeur, le bromure d'iode, la chaux bromée, le chlorure de soufre, le bromoforme, l'acide chloreux, la liqueur hongroise, la liqueur de Reiser, le liquide de Thierry, sont les substances accélératrices les plus actives. Avec l'acide chloreux on a pu obtenir des épreuves irréprochables dans une demi-seconde.

La découverte des substances accélératrices permit de reproduire avec le daguerréotype l'image des objets animés. On put dès lors satisfaire au vœu universel formé

depuis l'origine de la photographie, c'est-à-dire obtenir des portraits. Déjà, avant cette époque, on avait essayé de faire des portraits au daguerréotype, mais le temps considérable qu'exigeait l'impression lumineuse avait empêché toute réussite. On opérait alors avec l'objectif à long foyer, qui ne transmet dans la chambre obscure qu'une lumière d'une faible intensité ; aussi fallait-il placer le modèle en plein soleil et prolonger l'exposition pendant un quart d'heure. Comme il est impossible de supporter si longtemps, les yeux ouverts, l'éclat des rayons solaires, on avait dû se résoudre à faire poser les yeux fermés. Quelques amateurs intrépides osèrent se dévouer, mais le résultat ne fut guère à la hauteur de leur courage. On voyait, à l'étalage de Susse, une triste procession de *Bélisaires* sous l'étiquette usurpée de portraits photographiques. Par l'emploi des objectifs à court foyer on put réduire l'exposition à quatre ou cinq minutes; alors le patient put ouvrir les yeux. Néanmoins il fallait encore poser en plein soleil; or, ce soleil, qui tombait d'aplomb sur le visage, contractait horriblement les traits, et la plaque conservait la trop fidèle empreinte des souffrances et de l'anxiété du modèle. On s'asseyait avec cet air agréable que prend toute personne ayant la conscience de poser pour son portrait, et l'opérateur vous apportait l'image d'un martyr ou d'un supplicié. Pendant six mois, avec la prétention d'obtenir des portraits photographiques on ne fit guère que multiplier les copies d'un même type : la tête du Laocoon. Rien qu'à voir ces traits crispés, ces faces contractées, ces spécimens cadavéreux, on eût pris le daguerréotype en horreur. C'est là qu'ont trouvé leur source la plupart des préventions défavorables que les productions daguerriennes eurent longtemps à combattre. Les artistes passaient en ricanant devant ces déplorables ébauches.

Cependant toutes les préventions durent disparaître, tous

les préjugés durent tomber en présence des résultats qu'amenèrent la découverte et l'emploi des substances accélératrices. Dès ce moment, la physionomie put être saisie en quelques secondes et reproduite avec cette continuelle mobilité d'expression qui forme le signe et comme le cachet de la vie. C'est à partir de cette époque que l'on vit paraître, de jour en jour perfectionnés, ces admirables portraits où l'harmonie de l'ensemble est encore relevée par le fini des détails. C'est alors que put être pleinement réalisé le rêve fantastique du conteur d'Hoffmann : « Qu'un « amant, voulant laisser à sa maîtresse un souvenir dura- « ble, se mire dans une glace, et la lui donne ensuite, « parce que son image s'y est fixée. »

Après la découverte des substances accélératrices, le perfectionnement le plus important que reçut la photographie sur métal consista dans la *fixation des épreuves.* Les images daguerriennes obtenues à l'origine étaient déparées par un miroitement des plus choquants. En outre, le dessin ne présentait que peu de fermeté, puisque le ton résultait seulement du contraste formé par l'opposition des teintes du mercure et de l'argent. Enfin (et c'était là un inconvénient des plus graves), l'image était extrêmement fugitive, elle ne pouvait supporter le frottement : le pinceau le plus délicat, promené à sa surface, l'effaçait en entier. M. Fizeau fit disparaître tous ces inconvénients à la fois, en recouvrant l'épreuve photographique d'une légère couche d'or. Il suffit, pour obtenir ce résultat, de verser à la surface de l'épreuve une dissolution de chlorure d'or mêlée à de l'hyposulfite de soude, et de chauffer légèrement : la plaque se recouvre aussitôt d'un mince vernis d'or métallique. Cette opération, si simple en elle-même, est cependant le complément le plus utile qu'ait reçu la photographie sur métal. Elle a permis, tout à la fois, de rehausser le ton des dessins photographiques, de diminuer

beaucoup le miroitage, et de communiquer à l'épreuve une grande solidité, c'est-à-dire une résistance complète au frottement et à toutes les actions extérieures.

Comment la dorure d'un dessin photographique peut-elle communiquer à celui-ci la vigueur de ton qui lui manquait, et faire disparaître en grande partie le miroitage? C'est ce qu'il est facile de comprendre. L'or vient recouvrir à la fois l'argent et le mercure de la plaque; l'argent, qui forme les noirs du tableau, se trouve bruni par la mince couche d'or qui se dépose à sa surface : ainsi les noirs sont rendus plus sensibles, et le miroitage de l'argent n'existe plus; au contraire, le mercure, qui forme les blancs, acquiert, par son amalgame avec l'or, un éclat beaucoup plus vif, ce qui produit un accroissement notable dans les clairs. Le ton général du tableau est d'ailleurs singulièrement rehaussé par l'opposition plus vive que prennent les teintes des deux métaux superposés. Tous ces avantages ressortent d'une manière surprenante, si l'on compare deux épreuves dont l'une est fixée au chlorure d'or, et l'autre non fixée. La dernière, d'un ton gris bleuâtre, paraît exécutée sous un ciel brumeux et par une faible lumière; l'autre, par la richesse de ses teintes, semble sortir de la chaude atmosphère et du beau ciel des contrées méridionales. Quant à la résistance qu'une épreuve ainsi traitée oppose au frottement et aux actions extérieures, elle s'expliquera sans peine, si l'on remarque que le mercure, qui tout à l'heure formait le dessin à l'état de globules infiniment petits et d'une faible adhérence, est maintenant recouvert d'une lame d'or uniforme, qui, malgré son extraordinaire ténuité, adhère à la plaque en vertu d'une véritable action chimique. Les épreuves ainsi fixées offrent assez de résistance au frottement pour pouvoir être conservées et transportées dans un portefeuille.

Les perfectionnements divers apportés au procédé pri-

mitif de Daguerre ont, comme on le voit, changé d'une manière très-notable l'ensemble des opérations photographiques. Il ne sera donc pas inutile de préciser la méthode actuellement suivie. Voici, en quelques mots, la série consécutive des opérations qui s'exécutent aujourd'hui pour obtenir l'épreuve daguerrienne : Exposition de la lame métallique aux vapeurs spontanément dégagées par l'iode à la température ordinaire, afin de provoquer à la surface de la plaque la formation d'une légère couche d'iodure d'argent ; — exposition aux vapeurs fournies par la chaux bromée, le brome ou toute autre substance accélératrice ; — exposition à la lumière dans la chambre obscure, pour obtenir l'impression chimique ; — exposition aux vapeurs mercurielles pour faire apparaître l'image ; — lavage de l'épreuve dans une dissolution d'hyposulfite de soude, pour enlever l'iodure d'argent non attaqué ; — enfin, fixage de l'épreuve par le chlorure d'or.

La méthode actuelle, en permettant d'opérer cent fois plus vite que par le procédé de Daguerre, a introduit dans la photographie un perfectionnement immense, mais elle a nécessairement rendu les opérations plus compliquées. L'exposition à la lumière étant de quelques secondes seulement, les erreurs sur la durée de cette exposition, sur le temps nécessaire pour l'application de l'iode et des substances accélératrices, sont devenues plus faciles et plus désastreuses. L'artiste le plus exercé n'est donc jamais assuré d'avance de réussir dans l'opération qu'il entreprend, et ces obstacles seraient de nature à décourager le plus fervent adepte, si la photographie n'était par elle-même un art des plus attrayants. Ce sont précisément ces difficultés, cette incertitude sur le succès définitif, qui prêtent aux opérations photographiques un charme toujours nouveau et toujours renaissant. Si le daguerréotype n'était qu'une machine aveugle dont le résultat pût être

toujours calculé avec certitude, si le maniement de l'appareil ne laissait aucune part aux soins habiles et aux prévisions de l'intelligence, auprès des amateurs et des artistes, il perdrait son intérêt le plus vif.

Pour terminer cette revue des modifications apportées dans ces derniers temps aux procédés photographiques, nous devons signaler quelques emprunts curieux que l'on a faits à diverses sciences pour perfectionner les épreuves daguerriennes, ou pour leur prêter certaines qualités spéciales. Ici se rangent en première ligne les applications de la galvanoplastie.

La galvanoplastie, dont les procédés ont été décrits dans ce volume, est un art qui consiste à produire, par l'action de l'électricité, un dépôt métallique à la surface des différents corps, et surtout à la surface d'autres métaux. En décomposant certains sels par la pile voltaïque, on peut, comme nous l'avons vu, appliquer avec économie le cuivre sur l'argent, l'or sur l'acier, l'argent sur l'étain, le platine sur le fer, sur le bronze, etc. Si donc, mettant à profit ces procédés, on soumet à l'action d'un faible courant électrique une dissolution de sulfate de cuivre, en plaçant dans la liqueur une image daguerrienne, le cuivre provenant de la décomposition du sel se dépose peu à peu sur toute la plaque, et se moulant sur les faibles inégalités de sa surface, il donne naissance, au bout de vingt-quatre heures, à une planche de cuivre sur laquelle le dessin photographique se trouve reproduit avec une entière fidélité.

« Je ne saurais rendre, dit M. Ch. Chevalier, la surprise que j'éprouvai, la première fois que je réussis à reproduire une épreuve photographique au moyen du galvanisme. L'idée de cette expérience me vint en cherchant un objet propre à être placé dans l'appareil galvanoplastique; ne trouvant ni médaille, ni empreinte, j'imaginai de souder une petite épreuve daguerrienne au conducteur de l'appareil; je croyais vraiment sacrifier l'épreuve

et n'obtenir tout au plus qu'une feuille de cuivre bien plane. Le lendemain, en présence de MM. Richoux et de Kramer, je détachai les deux plaques, et nous trouvâmes sur le cuivre une contre-épreuve parfaite de l'original (1). »

Ce qu'il y a de plus étonnant, c'est que la plaque daguerrienne qui a servi de type à ce merveilleux moulage n'est aucunement altérée, et qu'elle peut être ainsi reproduite un grand nombre de fois sans se détruire ou se détériorer sensiblement. Il faut ajouter pourtant que cette application de la galvanoplastie est sans importance, car on se décide difficilement à soumettre une belle épreuve à une pareille opération qui n'offre aucune utilité particulière.

Les procédés galvanoplastiques appliqués aux images daguerriennes ont fourni d'autres résultats qui présentent un peu plus d'intérêt. Afin de communiquer aux épreuves des tons particuliers ou des effets plus vigoureux, on les a revêtues, par l'action de la pile, d'une mince couche d'un autre métal richement coloré. Si l'on place dans une dissolution d'or une plaque photographique, en plongeant dans la liqueur les pôles d'une pile voltaïque extrêmement faible, on la recouvre en quelques instants d'un mince vernis d'or. Cette pellicule métallique donne à l'épreuve des tons qui sont souvent du plus heureux effet ; ils varient depuis la teinte verdâtre jusqu'au jaune intense. On obtient avec le cuivre, en opérant dans des conditions semblables, des tons vigoureux, compris depuis le rose le plus pâle jusqu'au rose vif. L'argent a été essayé dans le même but ; mais ce métal, qui donne au tableau une douceur et un chatoiement très-agréables, lui retire une partie de sa vigueur.

On voit aux étalages de produits photographiques sur métal un grand nombre de portaits coloriés qui attirent

(1) *Mélanges photographiques*, p. 74.

les regards des passants. Il ne s'agit pas, comme bien des personnes se l'imaginent, d'images obtenues dans la chambre obscure avec leurs couleurs naturelles, mais tout simplement de couleurs appliquées à la main. Il serait difficile de rien imaginer d'aussi barbare. Colorier une planche daguerrienne est aussi ridicule que de vouloir enluminer une gravure de Reynolds ou de Rembrandt. Le mérite essentiel des épreuves photographiques réside dans l'admirable dégradation des teintes et dans une harmonie si parfaite de la lumière et des ombres, qu'elle défie à jamais le burin. Toutes ces qualités restent ensevelies sous cet absurde empâtement de couleurs. Le peintre ose corriger ce grand maître qui s'appelle le soleil ; il substitue sa propre exécution à celle de la nature. Prenez donc la peine de créer un de ces merveilleux dessins pour qu'une lourde main vienne le déshonorer par un badigeonnage indigne. Arrivons à quelque chose de plus sérieux.

Rien n'est plus sérieux, en effet, rien n'est plus riche de promesses, rien n'est plus digne de l'appui des amis des arts, que les efforts que l'on fait en France depuis plusieurs années pour transformer une épreuve daguerrienne en une planche propre à la gravure. Il ne faut pas que les produits du daguerréotype, d'une perfection si achevée, restent à l'état de type unique ; il faut que l'impression puisse les multiplier indéfiniment ; il faut perfectionner les procédés de gravure photographique actuellement connus. Alors seulement le daguerréotype aura dit son dernier mot, alors la photographie aura trouvé des applications utiles, complètes, étendues, dans la pratique des arts. Le jour où les planches daguerriennes pourront être économiquement transformées en planches de gravure, nous n'aurons plus rien à demander à la photographie, car nous obtiendrons sur le papier des images parfaites,

redressées, inaltérables, d'une correction et d'une finesse achevées, et qui présenteront l'inappréciable avantage de pouvoir être multipliées indéfiniment. Nous sommes loin encore d'avoir atteint un si désirable but ; cependant les résultats obtenus jusqu'ici, et que nous allons rapidement indiquer, font concevoir à cet égard de légitimes espérances.

L'idée de transformer les plaques photographiques en planches à l'usage des graveurs était si naturelle, que, dès les premiers temps de la découverte de Daguerre, un grand nombre de personnes s'occupèrent de ce problème. M. le docteur Donné essaya le premier de le résoudre. Le procédé qu'il employait était le premier qui pût s'offrir à l'esprit; il consistait à traiter la plaque daguerrienne comme une planche de cuivre dans la gravure à l'eau-forte. M. Donné reconnut que l'acide azotique étendu de 4 parties d'eau attaque les parties noires des images daguerriennes sans altérer les parties blanches, ou, en d'autres termes, dissout l'argent de la plaque sans toucher au mercure. M. Donné se contentait de garnir les bords de la plaque d'une marge de vernis de graveur, et de verser sur l'épreuve l'eau forte qu'on laissait réagir quelques minutes. Quand on jugeait l'action suffisante, on enlevait la marge de vernis et on lavait à grande eau la plaque qui pouvait être immédiatement encrée et servir à l'impression. Mais l'argent pur est un métal trop mou pour suffire à un grand tirage ; après quarante épreuves, la planche obtenue par ce procédé trop élémentaire était épuisée. La gravure était d'ailleurs fort imparfaite.

M. Fizeau a résolu la question avec beaucoup plus de succès. Voici un court aperçu du procédé curieux qu'il a imaginé pour la gravure des plaques daguerriennes. On commence par soumettre la plaque à l'action d'une liqueur légèrement acide qui attaque l'argent, c'est-à-dire les par-

ties noires de l'image, sans toucher au mercure qui forme les blancs. On obtient ainsi une planche gravée d'une grande perfection, mais d'un très-faible creux. Or, la condition essentielle d'une bonne gravure, c'est la profondeur du trait; car si les creux sont trop légers, les particules d'encre, au moment de l'impression, surpassant en dimension la profondeur du trait, l'épreuve, au tirage, est nécessairement imparfaite. Pour creuser plus avant, on frotte la planche gravée et peu profonde d'une huile grasse qui s'incruste dans les cavités et ne s'attache pas aux saillies. On dore ensuite la plaque à l'aide de la pile voltaïque. L'or vient se déposer sur les parties saillantes, et ne pénètre pas dans les creux abrités par le corps gras. En nettoyant ensuite la planche, on peut l'attaquer très-profondément par l'eau-forte, car les parties saillantes recouvertes d'or sont respectées par l'acide. On creuse ainsi le métal à volonté. Enfin, comme la mollesse de l'argent limiterait singulièrement le tirage, on recouvre la planche d'une couche de cuivre par les procédés galvanoplastiques. Le cuivre, métal très-dur, supporte donc seul l'usure déterminée par le travail de l'impression. M. Fizeau a obtenu de cette manière des gravures offrant beaucoup de qualités.

La question de l'application de la photographie à la gravure a fait récemment un pas considérable et qui permet d'espérer beaucoup pour l'avenir. On a eu l'idée, en 1854, de reprendre le premier projet de Joseph Niepce, qui consistait, comme on l'a vu plus haut, à produire une image sur un vernis impressionnable à la lumière (le bitume de Judée), étalé sur une plaque d'acier, et à traiter ensuite cette plaque par un acide, après en avoir fait disparaître, à l'aide d'un dissolvant approprié, les parties résineuses non impressionnées par l'agent lumineux. Ce procédé de gravure photographique est en ce moment l'objet de sérieuses études. Comme les gravures ainsi obtenues ont be-

soin, pour être terminées, d'être retouchées au burin par le graveur, il importe de perfectionner, à ce point de vue, ce procédé, afin d'éviter, s'il est possible, toute intervention du burin dans l'exécution de la planche d'acier. Nous ne pourrions d'ailleurs entrer ici dans d'autres détails, car ce que nous considérons dans cette notice c'est la photographie prise en elle-même, plutôt que ses applications aux arts industriels (1).

Nous rappellerons seulement, à ce propos, que la gravure photographique avait déjà été essayée en Angleterre, il y a plusieurs années, par un procédé qui ne donna pas de satisfaisants résultats, mais qui avait, comme tentative scientifique, un caractère fort intéressant. M. Grove était parvenu à graver les épreuves photographiques par un procédé encore plus hardi que le précédent, c'est-à-dire par la seule action d'un courant électrique. Si l'on attache une image daguerrienne au pôle négatif d'une pile voltaïque, chargée d'une liqueur faiblement acide, en plaçant au pôle positif une lame de platine, l'acide attaque l'argent de la plaque et grave en creux le dessin. Une plaque ainsi traitée peut à peine se distinguer de l'épreuve daguerrienne. Si on l'examine à la loupe, on y retrouve les détails les plus fins et les plus délicats de l'impression lumineuse.

Un dessin tracé par la lumière peut donc être gravé par l'électricité. Tout est surprenant, tout est merveilleux dans ces mille inventions nouvelles qui, chaque jour, apparaissent autour de nous. La lumière est domptée, le fluide électrique est un serviteur obéissant; de la lumière on fait un

(1) Voyez, pour plus de détails sur ce sujet, le chapitre intitulé : *Application de la photographie à l'art de la gravure*, dans le livre que j'ai publié sous le titre : *Les applications nouvelles de la science à l'industrie et aux arts en* 1855, servant d'introduction à l'*Année scientifique*, 2e édition, p. 239-261.

pinceau et de l'électricité un burin. Partout la main de l'homme est bannie. A la main tremblante de l'artiste, au regard incertain, à l'instrument rebelle, on substitue les forces inévitables des agents naturels. C'est ainsi que tous les arts, toutes les industries, se trouvent aujourd'hui sous le coup de révolutions dont il est impossible de calculer la portée ; c'est ainsi que les puissances aveugles de la nature menacent de remplacer partout la main et presque l'intelligence des hommes. Rien n'est plus propre à marquer la grandeur actuelle des sciences, à faire deviner le rôle immense qu'elles sont appelées à jouer dans l'avenir.

CHAPITRE III.

Photographie sur papier. — M. Talbot. — M. Blanquart-Evrard. — Description des procédés de la photographie sur papier. — Photographie sur verre. — Papiers albuminés. — Collodion. — État présent de la photographie sur papier.

Lorsqu'un amateur de Lille, M. Blanquart-Évrard, publia, au commencement de l'année 1847, la description d'un procédé pour la photographie sur papier, cette communication fut accueillie par les amateurs et les artistes avec un véritable enthousiasme, car elle répondait à un vœu qui avait été formé depuis longtemps et qui était resté jusque-là à peu près stérile. On comprend sans peine les nombreux avantages que présentent les épreuves photographiques obtenues sur papier, et leur supériorité sur les produits de la plaque. Elles n'ont rien de ce miroitage désagréable qu'il est impossible de bannir complétement dans les épreuves sur métal, et qui a l'inconvénient de rompre toutes les habitudes artistiques ;

elles présentent l'apparence ordinaire d'un dessin : une bonne épreuve sur papier ressemble à une *sépia* faite par un habile artiste. L'image n'est pas simplement déposée à la surface comme dans les épreuves sur argent, elle fait corps jusqu'à une certaine profondeur avec la substance du papier, ce qui lui assure une durée indéfinie et une résistance complète au frottement ; le trait n'est point renversé comme dans les dessins du daguerréotype, il est au contraire parfaitement correct pour la ligne, c'est-à-dire que l'objet est reproduit dans sa situation absolue au moment de la pose. En outre, un dessin-type une fois obtenu, on peut en tirer un nombre indéfini de copies, ce qui constitue un avantage extraordinaire et suffirait pour établir la supériorité de cette méthode sur celle qui l'a précédée. Enfin, la faculté de pouvoir substituer une feuille de papier aux plaques métalliques, d'un prix élevé, d'une détérioration facile, d'un poids considérable, d'un transport incommode ; l'absence de tout ce matériel embarrassant, si bien nommé *bagage daguerrien*, qui rendait difficiles aux voyageurs les opérations photographiques ; la simplicité du procédé, le bas prix des substances chimiques dont on fait usage, tout se réunit pour assurer à la photographie sur papier une utilité pratique véritablement sans limites.

Il est donc facile de comprendre l'intérêt avec lequel le monde des savants et des artistes accueillit en 1847 les premiers résultats de la photographie sur papier. Le nom de M. Blanquart-Évrard, qui n'était qu'un marchand de drap de Lille, conquit rapidement les honneurs de la célébrité. Cependant, il faut le dire, il se passait là un fait étrange, et qui compte peu d'exemples dans la science. Les procédés publiés par M. Blanquart-Évrard n'étaient, à cela près de quelques modifications utiles dans le manuel opératoire, que la reproduction littérale d'une méthode

qui avait été publiée six années auparavant par un riche amateur anglais, M. Talbot. Or, dans son mémoire, M. Blanquart-Évrard, n'avait pas même prononcé le nom du premier inventeur, et cet oubli singulier ne provoqua, au sein de l'Académie ni ailleurs, aucune réclamation. M. Talbot lui-même ne prit pas la peine d'élever la voix pour revendiquer la gloire de l'invention qui lui appartenait. Il se comporta tout à fait en grand seigneur. Il se borna à adresser à quelques amis de Paris deux ou trois de ses dessins photographiques qui faisaient singulièrement pâlir les épreuves de M. Blanquart-Évrard.

En effet, depuis l'année 1834, alors que l'art photographique était encore à naître, M. Talbot avait essayé de reproduire sur le papier les images de la chambre obscure. Déjà d'ailleurs, et longtemps avant cette époque, d'autres physiciens avaient abordé cette question ; car c'est un fait à remarquer, que les premiers essais de photographie eurent pour objet le dessin sur papier. Niepce, au début de ses travaux, avait dirigé dans ce sens des recherches qu'il fut bientôt forcé d'abandonner. Avant lui, en 1802, Humphry Davy s'en était occupé de concert avec Wedgewood. Ces deux savants avaient réussi à obtenir, sur du papier enduit d'azotate d'argent, des reproductions de gravures et d'objets transparents. Ils avaient essayé de fixer également les images de la chambre obscure; mais la trop faible sensibilité lumineuse de l'azotate d'argent leur avait opposé un obstacle insurmontable. On n'obtenait d'ailleurs de cette manière que des silhouettes ou des images inverses, dans lesquelles les noirs du modèle étaient représentés par des blancs, et *vice versâ*. En outre, l'épreuve obtenue, Wedgewood et Davy n'avaient pu réussir à la préserver de l'altération consécutive de la lumière ; abandonnée à la clarté du jour, elle noircissait dans toutes ses parties et ensevelissait le dessin. On ne pouvait donc examiner ces produc-

tions éphémères que dans l'obscurité, en s'aidant de la lueur d'une lampe.

« La copie d'un dessin, dès qu'elle est obtenue, dit Humphry Davy, doit être conservée dans un lieu obscur. On peut bien l'examiner à l'ombre, mais ce ne doit être que pour peu de temps. Aucun des moyens que nous avons mis en œuvre pour empêcher les parties incolores de noircir à la lumière n'a pu réussir..... Quant aux images de la chambre obscure, elles se sont trouvées trop faiblement éclairées pour former un dessin avec le nitrate d'argent, même au bout d'un temps assez prolongé. C'était là cependant l'objet principal des expériences. Mais tous les essais ont été inutiles (1). »

Heureusement M. Talbot n'eut point connaissance des essais de Wedgewood et de Davy; il ignora l'échec que ces grands chimistes avaient éprouvé dans leur tentative; il avoue que devant l'insuccès de tels maîtres, il eût immédiatement abandonné ses recherches comme une poursuite chimérique. Cependant, par un travail de plusieurs années, il parvint à surmonter tous les obstacles. Il résolut complétement la double difficulté de fixer sur le papier les images de la chambre obscure et de les préserver de toute altération consécutive. En 1839, il se disposait à mettre sa découverte au jour, lorsqu'il fut surpris par la publication des travaux de Daguerre. Cependant, quelques mois après, il fit connaître en Angleterre l'ensemble de sa méthode, et le 7 juin 1841, dans une lettre adressée à M. Biot, et présentée par ce savant à l'Académie des sciences de Paris, il donna l'analyse de son procédé pour obtenir des reproductions photographiques sur papier. Mais l'attention était dirigée d'un autre côté, et l'annonce du physicien anglais ne fit, en France, aucune sensation. Quelques per-

(1) *Description d'un procédé pour copier les peintures sur verre et pour faire des silhouettes par l'action de la lumière sur le nitrate d'argent* (*Journal de l'Institution royale de Londres*, 1802, t. I, p. 170).

sonnes essayèrent d'obtenir des images en suivant les indications fournies par M. Talbot ; mais elles ne réussirent qu'imparfaitement, ce qui fit croire que l'inventeur n'avait dit son secret qu'à moitié ; la photographie sur papier tomba donc parmi nous dans un délaissement complet. Seulement quelques artistes nomades, munis de quelques renseignements plus ou moins précis, parcouraient la province, vendant aux amateurs le secret de cette nouvelle branche des arts photographiques, et dans Paris circulaient un certain nombre d'épreuves très-remarquables représentant des modèles inanimés, obtenues par un employé du ministère des finances, M. Bayard, qui toutefois cachait avec grand soin le procédé dont il faisait usage. C'est dans ces circonstances que M. Blanquart-Évrard fit paraître son mémoire. Ce travail reproduisait avec peu de changements la méthode de M. Talbot ; les descriptions qu'il renfermait étaient néanmoins beaucoup plus précises et plus complètes que celles qu'avait données le physicien anglais dans sa communication à l'Académie des sciences de Paris, car après leur lecture chacun était en état de mettre en pratique le procédé nouveau (1).

Tel est l'historique fidèle de la découverte de la photographie sur papier. C'était pour nous un devoir que de bien établir à ce sujet les droits méconnus d'un savant étranger,

(1) Les changements apportés par M. Blanquart-Évrard au manuel opératoire de M. Talbot consistaient : 1° à plonger le papier dans les liquides impressionnables, au lieu de déposer les dissolutions sur le papier à l'aide d'un pinceau, comme le faisait M. Talbot ; 2° à serrer entre deux glaces le papier chimique exposé dans la chambre obscure, au lieu de l'appliquer contre une ardoise. Tout le reste de l'opération : l'emploi de l'iodure d'argent comme agent impressionnable sur le papier positif, et du chlorure d'argent sur le papier négatif, l'action si importante de l'acide gallique pour faire apparaître l'image, l'addition de l'acide acétique aux liquides photographiques, l'idée capitale de préparer une image négative, et de s'en servir pour obtenir une image directe ; en un mot, tout l'ensemble de l'opération de la photographie sur papier appartient incontestablement au physicien anglais.

assez malheureux déjà d'avoir été devancé dans sa découverte par Daguerre, pour que l'on respecte au moins les titres incontestables qui recommandent son nom à la reconnaissance du public.

Avant de faire connaître les procédés pratiques de la photographie sur papier, exposons la théorie générale de l'opération.

Tout le monde sait que les sels d'argent, naturellement incolores, particulièrement le chlorure, le bromure et l'iodure d'argent étant exposés à l'action de la lumière solaire ou diffuse, noircissent promptement par suite d'une décomposition chimique provoquée par l'agent lumineux. D'après cela, si l'on place au foyer d'une chambre obscure une feuille de papier imprégnée d'une dissolution de chlorure d'argent, l'image formée par l'objectif s'imprimera sur le papier, parce que les parties vivement éclairées noirciront la couche sensible, tandis que les parties obscures, restant sans action, laisseront au papier sa couleur blanche. Maintenant, si, grâce à l'action dissolvante de l'hyposulfite de soude ou du sel marin, on débarrasse le papier de l'excès du chlorure d'argent non impressionné par la lumière, on obtiendra une sorte de silhouette dans laquelle les parties éclairées du modèle seront représentées sur l'épreuve par une teinte noire et les ombres par des blancs. C'est ce que l'on nomme une image inverse ou *négative*, selon l'expression consacrée. Enfin, si l'on place cette image sur une feuille de papier imprégnée de chlorure d'argent et qu'on expose le tout à l'action directe du soleil, l'épreuve négative laissera passer la lumière à travers les parties transparentes du dessin et lui fermera passage dans les portions opaques. Le rayon solaire, allant ainsi agir sur le papier sensible placé au contact de l'épreuve négative, donnera naissance à une image sur laquelle les clairs et les ombres

seront placés dès lors dans leur situation naturelle. On aura donc formé ainsi une image directe ou *positive*. Tel est le principe général de la photographie sur papier.

Le procédé pratique de cette branche nouvelle de l'art photographique se compose, d'après cela, de deux séries distinctes d'opérations : la première ayant pour effet de préparer l'image négative; la seconde, de former l'épreuve redressée.

On obtient l'épreuve négative en recevant l'image de la chambre obscure sur un papier enduit d'iodure d'argent mélangé d'une petite quantité d'acide acétique. Comme l'iodure d'argent s'impressionne beaucoup plus promptement à la lumière quand on l'entretient à l'état humide, on place le papier photogénique sur quelques doubles de papier humectés d'eau, et pour lui donner une surface égale et parfaitement unie, on le presse entre deux glaces. Cependant l'emploi des glaces n'est pas indispensable, et l'on se contente souvent, comme le faisait M. Talbot, d'appliquer la feuille de papier photogénique humide contre une feuille d'un carton très-léger, qui adhère par son humidité à la vitre d'un châssis. Les choses ainsi disposées, on place ce système au foyer de la chambre noire. Au bout de trente à cinquante secondes, l'effet lumineux est produit; l'iodure d'argent se trouve décomposé dans les parties éclairées, et dans tous les points sur lesquels a porté la lumière l'oxyde d'argent devient libre. Cependant la faible altération chimique qui vient d'avoir lieu n'est en aucune façon accusée à la surface du papier, qui n'offre encore aucune trace visible de dessin : mais si on le plonge dans une dissolution d'acide gallique, ce composé formant, avec l'oxyde d'argent qui existe à l'état de liberté à la surface du papier, un sel, le gallate d'argent, d'une couleur noir foncé, l'image apparaît subitement. Il ne reste plus qu'à enlever l'excès du composé d'argent non influencé,

afin de préserver le dessin de l'action ultérieure de la lumière. On y parvient en lavant l'épreuve avec une dissolution d'hyposulfite de soude ou de sel marin qui dissout immédiatement l'iodure d'argent non altéré par la lumière.

Pour obtenir l'image positive, on place l'épreuve négative obtenue par les moyens qui viennent d'être indiqués, sur un papier imprégné de chlorure d'argent ; on les serre tous les deux entre deux glaces, l'épreuve négative en dessus, et l'on expose le tout au soleil ou à la lumière diffuse. La durée de cette exposition varie depuis une demi-heure jusqu'à quatre heures à la lumière diffuse, et au soleil depuis quinze jusqu'à vingt-cinq minutes. Au reste, comme on peut suivre de l'œil la formation du dessin, on est toujours le maître de s'arrêter quand on juge le trait suffisamment renforcé. Enfin pour fixer l'image, c'est-à-dire pour enlever l'excédant du composé chimique qui, sans cette précaution, continuerait de noircir en présence de la lumière, on place l'épreuve dans une dissolution d'hyposulfite de soude ou de sel marin qui dissout l'excès de chlorure d'argent non influencé. En prolongeant plus ou moins la durée de son séjour dans le bain d'hyposulfite de soude, on peut communiquer à l'épreuve une couleur qui varie, en parcourant toute l'échelle des tons bruns et des bistres, jusqu'au violet foncé et au noir intense.

Nous n'avons pas besoin d'ajouter que l'épreuve négative peut servir à donner un très-grand nombre d'autres épreuves positives, et qu'une fois obtenu, ce type peut fournir des reproductions indéfinies (1).

(1) En appliquant une gravure, une lithographie sur un papier imprégné de chlorure d'argent, et exposant le tout au soleil, on peut reproduire cette gravure, cette lithographie d'une manière très-simple et sans appareil optique. C'est une petite opération qui ne manque pas d'intérêt ou qui peut avoir son utilité. On a jugé nécessaire de créer un mot pour la désigner : on l'appelle *autophotographie*.

En dévoilant au public les procédés de la photographie sur papier avec un désintéressement et une libéralité assez rares parmi ses confrères, M. Blanquart-Évrard rendit aux arts photographiques un immense service. De toutes parts on s'empressa de mettre en pratique ces moyens si simples dans leur exécution, si intéressants dans leurs résultats, et la photographie sur papier reçut bientôt une impulsion extraordinaire. Aussi ne fut-il pas difficile de prévoir dès ce moment qu'elle ne tarderait pas à s'enrichir de modifications importantes et à marcher rapidement vers le degré de perfection qui lui manquait.

Obtenus en effet par les procédés décrits en 1847 par M. Blanquart-Évrard, les dessins photographiques étaient encore fort au-dessous des produits de la plaque daguerrienne. On y cherchait en vain la rigueur, la délicatesse du trait, l'admirable dégradation de teintes qui font le charme des épreuves métalliques. Le motif de cette infériorité est d'ailleurs facile à comprendre. La surface plane et polie d'un métal offre, pour l'exécution d'un dessin photographique, des facilités sans pareilles; au contraire, la texture fibreuse du papier, ses aspérités, la communication capillaire qui s'établit entre les diverses parties de sa surface inégalement impressionnées, sont autant d'obstacles qui s'opposent à la rigueur absolue des lignes, comme à l'exacte dégradation des lumières et des ombres. Les défauts des images obtenues par les procédés de M. Talbot ne tenaient donc qu'au papier lui-même. La nature fibreuse du papier, l'inégalité de son grain, l'impureté de sa pâte, son extension variable et irrégulière pendant son immersion dans les différents liquides, telles étaient les causes des difficultés que rencontraient les opérateurs. Le problème du perfectionnement de cette nouvelle branche de la photographie consistait donc à remplacer la surface inégale et rugueuse employée à recevoir l'épreuve négative, par une

surface homogène et parfaitement plane, imitant le poli si parfait des plaques métalliques.

Ce problème capital fut résolu par la découverte de la *photographie sur verre*. Comme ce nom de *photographie sur verre* est susceptible d'amener quelque confusion dans l'esprit du lecteur, nous devons préciser avec soin la nature de ce procédé.

La photographie sur verre n'est, à proprement parler, qu'une modification de la photographie sur papier. Au lieu de former sur le papier l'image négative, on la forme sur une lame de verre ou de glace que l'on a préalablement revêtue d'une couche d'albumine; le dessin négatif produit sur cette glace sert ensuite à obtenir sur le papier l'image positive.

Les moyens pratiques de la photographie sur verre sont d'une exécution fort simple. Sur la glace qui doit recevoir l'image négative on étend une légère couche d'albumine liquide ou blanc d'œuf, dans laquelle on a dissous un peu d'iodure de potassium. Une fois sèche, cette couche d'albumine forme une surface homogène et d'un poli parfait, éminemment propre à donner aux lignes du dessin un contour arrêté. Ainsi recouverte d'albumine, la lame de verre est imbibée d'iodure d'argent; pour cela on immerge la plaque dans une cuvette contenant une dissolution de ce sel, ensuite on l'expose au foyer de la chambre obscure, et l'on exécute sur sa surface les opérations ordinaires que l'on fait sur le papier quand on veut obtenir une image négative. Celle-ci obtenue, constitue un cliché ou une épreuve négative sur verre qui sert à produire l'image directe. Cette dernière image se forme sur une feuille de papier en se servant des moyens habituels. Le verre ne sert donc qu'à préparer l'image négative; c'est là un point qu'il importe de bien faire remarquer pour éviter une confusion que beaucoup de personnes commettent à cet égard.

Les épreuves obtenues par l'intermédiaire de la glace albuminée se reconnaissent aisément à la rigueur extraordinaire, à la correction du dessin, à ses contours admirablement arrêtés : elles peuvent presque rivaliser, sous ce rapport, avec les produits de la plaque (1).

Cependant la préparation d'un cliché négatif avec une lame de verre recouverte d'albumine était une opération assez délicate. Il fallait que l'albumine fût étendue d'avance sur la glace et séchée lentement par l'évaporation dans un lieu tranquille. En outre, l'enduit albumineux mélangé au sel d'argent avait l'inconvénient de diminuer notablement sa sensibilité à l'action de la lumière; de telle sorte que, pour la rapidité d'impression, la glace albuminée laissait beaucoup à désirer. On s'efforçait donc de perfectionner ce procédé nouveau en cherchant à diminuer le temps de l'impression lumineuse, lorsqu'une heureuse inspiration vint répondre, sous ce rapport, à tous les désirs des photographes.

Dans une brochure qui parut en janvier 1851, M. Gustave le Gray annonçait avoir fait usage, sans beaucoup de succès, du *collodion*, pour remplacer l'albumine, dans la photographie sur verre. Pendant la même année, un photographe de Londres, M. Archer, publia une description très-complète des procédés et moyens qui sont nécessaires pour faire usage avec succès du collodion en photographie. Les procédés publiés par M. Archer furent aussitôt mis en pratique, et l'on reconnut promptement toutes les ressources que cette matière nouvelle fournit aux opérateurs.

Le *collodion* est le produit de l'évaporation d'une dissolution de coton-poudre dans l'éther sulfurique alcoolisé. En s'évaporant, cette dissolution laisse un enduit visqueux qui s'obtient en quelques minutes, et de plus cette pelli-

(1) La photographie sur verre a été imaginée par M. Niepce de Saint-Victor, neveu de Joseph Niepce, le premier inventeur de la photographie.

cule organique se prête merveilleusement aux opérations photogéniques. Elle s'imprègne très-bien du composé d'argent, et s'impressionne au contact des rayons lumineux avec une rapidité étonnante. Le collodion active à un tel point l'impression photogénique, que l'on peut reproduire, par son emploi, l'image des corps animés d'un mouvement rapide, tels que les vagues de la mer soulevées par le vent, une voiture emportée sur un chemin, un cheval au trot, un navire à vapeur en marche avec son panache de fumée noire et l'écume qui jaillit au choc de ses roues. On comprend sans peine, dès lors, que le collodion ait été accueilli avec une grande faveur par les photographes. Le portrait, qui ne pouvait s'obtenir qu'à grand'-peine sur la glace albuminée, en raison de la lenteur d'impression de la matière sensible, s'exécute par le collodion avec la plus grande facilité ; aussi cette matière est-elle aujourd'hui partout la seule en usage pour l'exécution des portraits.

Un jeune physicien enlevé prématurément aux sciences, M. Taupenot, a donné le moyen de communiquer aux plaques de verre recouvertes de collodion la propriété de conserver pendant plusieurs jours leur sensibilité. Quand on opère avec le collodion, il faut agir extemporanément, car la sensibilité de l'enduit disparaît au bout de peu de minutes par sa dessiccation, ce qui prive le paysagiste, le photographe voyageur, de l'avantage d'emporter au loin avec lui des lames de verre collodionnées préparées d'avance. C'était là un grave inconvénient pour la pratique de la photographie. M. Taupenot a parfaitement obvié à cette difficulté en conseillant d'ajonter au collodion ioduré un peu d'albumine. Grâce à cette addition, la plaque sèche conserve toute la sensibilité de la plaque humide, et on peut l'employer après plusieurs jours de préparation. Il a été reconnu depuis que le miel et quelques autres substances

agglutinatives qui s'opposent au fendillement qu'éprouve par la dessiccation la couche de collodion, produisent le même effet, c'est-à-dire permettent de conserver pendant plusieurs jours aux plaques collodionnées leur sensibilité lumineuse.

L'emploi des glaces recouvertes d'un enduit de collodion est donc le moyen le plus parfait que l'on possède aujourd'hui pour la production des images sur papier. La photographie sur verre a en outre l'avantage de donner des images d'une finesse presque égale à celle des produits de la plaque daguerrienne ; grâce à ces résultats, elle a entièrement détrôné aujourd'hui la photographie sur plaque.

CHAPITRE IV.

Reproduction des couleurs par le daguerréotype. — Expérience de M. Edmond Becquerel. — Recherches de M. Niepce de Saint-Victor. — M. Hill et sa prétendue découverte de la reproduction photogénique des couleurs.

Nous venons de présenter l'histoire de la photographie, d'exposer ses perfectionnements successifs et d'indiquer son état présent. Est-il nécessaire d'ajouter que, pour clore la série de ces créations remarquables, un dernier pas reste à franchir? Tous nos lecteurs l'ont dit avant nous, car c'est là le problème que l'impatience des gens du monde ne cesse de poser à la sagacité des savants : il reste à reproduire les couleurs. Aux produits déjà si merveilleux de l'appareil de Daguerre, à ces images d'une si admirable délicatesse, d'une fidélité si parfaite, il faut ajouter le charme du coloris ; il faut que le ciel, les eaux,

toute la nature inanimée ou vivante, puissent s'imprimer sous nos yeux en conservant la richesse, la variété, l'harmonie de leurs teintes. L'action de la lumière nous donne aujourd'hui des dessins, il faut que ces dessins deviennent des tableaux. Mais, avant tout, le fait est-il réalisable et la reproduction spontanée des couleurs ne dépasse-t-elle point la limite des moyens dont la science dispose de nos jours ?

Si l'on eût, il y a quelques années, adressé cette question à un savant initié aux lois générales de l'optique, il n'eût guère hésité à condamner une telle espérance. « Rien n'autorise, aurait-il dit, rien ne justifie l'espoir de fixer un jour les images de la chambre obscure en conservant leurs teintes naturelles ; aucune des notions que nous avons acquises sur les propriétés et les aptitudes de l'agent lumineux n'a encore dévoilé aucun phénomène de cet ordre. On comprend, au point de vue théorique, l'invention de Daguerre et le parti qu'on en a tiré. Il a suffi, pour en venir là, de trouver une substance qui, au contact des rayons lumineux, passât du blanc au noir ou du noir au blanc. Il n'y avait dans cette action rien de très-surprenant en fin de compte, rien qui ne fût en harmonie avec les faits que l'optique nous enseigne ; mais de là à l'impression spontanée des couleurs il y a véritablement tout un monde de difficultés insurmontables. Remarquez, en effet, qu'il s'agit de trouver une substance, *une même substance* qui, sous la faible action chimique des rayons lumineux, puisse être influencée de telle manière que chaque rayon inégalement coloré provoque en elle une modification chimique particulière, et de plus que cette modification ait pour résultat de donner autant de composés nouveaux reproduisant intégralement la couleur propre au rayon lumineux qui les a frappés. Il y a dans ces deux faits, et surtout dans l'accord de ces deux faits, des

conditions tellement en dehors des phénomènes habituels de l'optique, que l'on peut affirmer sans crainte qu'un tel problème est au-dessus de toutes les ressources de l'art. »

Ainsi eût parlé notre physicien, et certes il eût trouvé peu de contradicteurs. Cependant une observation inattendue est venue changer la face de la question. En 1848, M. Edmond Becquerel a réussi à imprimer sur une plaque d'argent l'image du *spectre solaire*. On sait ce que les physiciens entendent par spectre solaire. La lumière blanche, la lumière du soleil, résulte de la réunion d'un certain nombre de rayons diversement colorés dont l'impression simultanée sur notre œil produit la sensation du blanc. Si l'on dirige, en effet, un rayon de soleil sur un verre transparent taillé en prisme, les différents rayons composant ce faisceau de lumière sont inégalement réfractés dans l'intérieur du verre ; au sortir du prisme, ils se séparent les uns des autres, ils divergent en éventail, et viennent former, sur l'écran où on les reçoit, une image oblongue dans laquelle on retrouve isolées toutes les couleurs simples qui composent la lumière blanche ; on y voit assez nettement indiqués le rouge, l'orangé, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. On donne le nom de *spectre solaire* à cette bande colorée qui provient de la décomposition de la lumière. C'est là l'image que M. Edmond Becquerel est parvenu à imprimer sur une plaque d'argent préalablement exposée à l'action du chlore. Ce fait démontre que la reproduction photogénée des couleurs n'est pas impossible, puisqu'il existe des agents chimiques capables de s'impressionner au contact des rayons lumineux, de manière à conserver les teintes des rayons qui les ont frappés.

Il ne faudrait pas cependant s'exagérer la portée de cette expérience. L'observation de M. Becquerel présente une valeur théorique de premier ordre, mais elle ne

fournit aucun moyen pratique d'arriver à la reproduction des couleurs. En effet, cette image colorée ne peut être fixée par aucun agent chimique ; par conséquent, lorsqu'on l'expose à la clarté du jour, le chlorure d'argent continuant de s'impressionner, la surface entière de la plaque devient noire, et tout s'évanouit; pour l'empêcher de se détruire, il faut la conserver dans une obscurité complète. Une autre circonstance défavorable, c'est l'extrême lenteur avec laquelle s'accomplit l'impression lumineuse. L'action directe du soleil s'exerçant pendant deux heures est indispensable pour obtenir un effet : aussi les images de la chambre obscure sont-elles trop faiblement éclairées pour agir ainsi sur la plaque : des journées entières n'y suffiraient pas. Il faut mentionner enfin une circonstance plus grave. Les couleurs simples, les teintes isolées du spectre sont jusqu'ici les seules que l'on ait pu fixer; les teintes composées, c'est-à-dire toutes celles qui appartiennent aux objets éclairés par la lumière ordinaire, ne s'impriment jamais sur le chlorure d'argent : les objets blancs, par exemple, au lieu de laisser cette couleur sur la plaque, s'y impriment en noir.

Ainsi, le fait découvert par M. Becquerel est loin de justifier toutes les espérances que l'on a pu concevoir à ce sujet. Il démontre seulement, contrairement à tout ce que l'on avait pensé jusqu'ici, que le problème de la reproduction photogénée des couleurs pourra recevoir un jour quelque solution, et que les personnes qui s'adonneront à ce genre de recherches ne trouveront plus, comme autrefois, dans les principes de la science, la condamnation anticipée de leurs tentatives. Quelque limitée qu'elle soit dans ses conséquences actuelles, cette observation n'en conserve pas moins son importance. On peut espérer, en effet, que des travaux bien dirigés feront découvrir d'autres agents chimiques jouissant des propriétés du

chlorure d'argent et répondant mieux que ce composé aux exigences de l'application pratique.

Déjà M. Niepce de Saint-Victor, se vouant avec persévérance à ces difficiles recherches, a été conduit à quelques résultats intéressants. M. Edmond Becquerel a découvert, avons-nous dit, qu'une lame de plaqué d'argent immergée dans une dissolution de chlore, acquiert la propriété extraordinaire de reproduire les couleurs du spectre. Poursuivant l'examen de ce phénomène, M. Niepce de Saint-Victor a reconnu que la coloration du chlorure d'argent en diverses teintes, sous l'influence de la lumière, dépend de la proportion de chlore qui existe dans les bains où l'on plonge la lame d'argent, de telle manière que l'on peut voir apparaître telle ou telle couleur, selon la quantité de chlore contenue dans le bain. Ainsi, selon M. Niepce, lorsque la quantité de chlore est le plus petite possible, la couleur dominante est le jaune ; à mesure que le chlore devient plus abondant, la couleur dominante est tour à tour le vert, le bleu, l'indigo, le violet, le rouge, l'orangé : ces deux dernières couleurs n'apparaissent que lorsque la solution est entièrement saturée de chlore. M. Niepce a encore reconnu que certains chlorures métalliques, et particulièrement le chlorure de cuivre et le deutochlorure de fer, donnent beaucoup plus facilement naissance à des images colorées que la simple dissolution aqueuse de chlore employée par M. Becquerel. Partant de ces remarques, M. Niepce de Saint-Victor a pu reproduire sur une plaque chlorurée certaines couleurs naturelles. Pour obtenir telle ou telle couleur, le jaune par exemple, M. Niepce prend une dissolution de chlorure de fer ou de chlorure de cuivre, contenant à peu près la quantité de chlore nécessaire pour faire apparaître la teinte jaune dans le spectre solaire ; pour donner naissance, sur une même plaque, à toutes les couleurs à la fois, il se sert

d'une dissolution de chlorure contenant à peu près la quantité de chlore qui correspond aux rayons jaunes ou verts, c'est-à-dire aux rayons moyens du spectre.

Voici comment opère M. Niepce pour obtenir des reproductions de gravures coloriées. Il prépare, avec une quantité convenable de chlorure de fer ou de cuivre, une dissolution dans laquelle il immerge pendant huit à dix minutes une plaque de cuivre argentée ; cette plaque se recouvre de chlorure d'argent par suite de la réaction du chlorure sur le métal. Chauffée légèrement au sortir du bain, à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, elle est propre à recevoir l'image colorée. Si l'on applique, en effet, contre cette lame métallique, une de ces gravures sur bois grossièrement enluminées que le commerce fournit à bas prix, et qu'on expose le tout à l'action directe du soleil, au bout d'un quart d'heure la gravure se trouve reproduite sur le métal avec des teintes qui ne s'éloignent pas trop de celles du modèle.

Le fait découvert par M. Niepce, de la reproduction spontanée de certaines couleurs, offre beaucoup d'intérêt; cependant il ne faudrait pas vouloir en pousser trop loin les conséquences, ni prétendre qu'il doit bientôt conduire à la reproduction photogénée des couleurs. De graves considérations, empruntées aux principes les mieux établis de la physique, démontreraient sans peine la proposition contraire. Ces considérations, nous les présenterons en peu de mots.

L'image colorée que l'on obtient sur le chlorure d'argent n'est point le résultat final de l'action chimique de la lumière, ce n'est qu'une période, qu'un degré transitoire de cette action; si l'influence des rayons lumineux continue de s'exercer, les couleurs primitivement obtenues ne tardent pas à disparaître, et la plaque revêt dans toutes ses parties une teinte uniforme. Aussi, pour conserver

intacte cette impression colorée, faut-il en quelque sorte la saisir au passage, arrêter à un certain moment l'exposition à la lumière, et conserver ensuite dans un lieu obscur la plaque ainsi modifiée. Si on l'abandonnait plus longtemps à l'action des rayons lumineux, le chlorure d'argent continuerait de s'altérer, et tout disparaîtrait. Pour rendre permanente l'impression colorée, il faudrait donc posséder un moyen de la fixer, comme on fixe l'image ordinaire du daguerréotype sur plaque. Mais ici les difficultés naissent en foule. En effet, la matière à laquelle on pourrait recourir pour fixer les couleurs formerait, à la surface de la plaque, une couche qui serait ou translucide ou opaque. Si la couche était translucide, la lumière, la traversant, irait agir sur l'image, et, par son action chimique, détruirait en quelques instants ses couleurs. Si la couche fixante était opaque, elle ne pourrait reproduire les teintes de l'image primitive qu'à la condition de revêtir, aux différents points de la plaque, des tons correspondants aux parties de l'image photogénée qu'elle recouvrirait. On voit à quelles impossibilités on se trouve conduit par là. Il ne faut point oublier, en effet, que dans les images obtenues sur plaque par les procédés de Daguerre, rien ne subsiste de la substance primitive qui a reçu l'impression de la lumière; les différents composés dont on a fait usage, l'iodure, le bromure d'argent que la lumière a modifiés, sont remplacés par un dépôt de mercure, de telle manière que les sels d'argent n'ont servi que d'intermédiaire, et qu'en fin de compte et toutes les manipulations terminées, il ne reste plus sur la plaque daguerrienne que du mercure et de l'argent. De même sur une épreuve positive de photographie sur papier, il ne reste plus qu'une couche inaltérable d'argent métallique. Ce sont des opérations du même genre qu'il faudrait pouvoir accomplir pour rendre permanentes les images colorées de M. Niepce de

Saint-Victor. Mais rien jusqu'à ce moment n'a donné l'espoir d'atteindre un tel résultat.

Une seconde considération concourt à enlever beaucoup de leur valeur pratique aux faits observés par M. Niepce de Saint-Victor. On démontre en physique que la lumière colorée qui émane des différents objets est toujours mêlée d'une certaine quantité de lumière blanche. Le rouge le plus vif, le bleu le plus intense émettent, en même temps que les rayons colorés qui leur sont propres, une notable quantité de lumière blanche. Par conséquent, toutes les fois que l'on essaiera de reproduire par le daguerréotype les couleurs naturelles, cette lumière blanche venant se mêler aux rayons colorés qui émanent de chaque objet, introduira, dans les résultats de l'action chimique, des effets complexes et dont il sera impossible de tenir compte par avance. Cette circonstance explique le fait que jusqu'à ce moment M. Niepce ait toujours échoué, lorsque, au lieu de reproduire simplement des gravures coloriées par l'action de la lumière solaire, il a essayé de fixer une image prise dans la chambre obscure. Dans ce cas, l'impression, au lieu d'être revêtue de diverses couleurs, présente une teinte uniforme.

Poursuivies dans leurs dernières conséquences, ces réflexions amèneraient à rejeter tout espoir de fixer par un agent photographique l'image colorée des objets extérieurs; elles conduiraient à regarder pour ainsi dire ce genre de recherches comme *la pierre philosophale de la photographie.* Cependant l'habile et persévérant auteur des travaux que nous venons d'analyser pourrait ne pas laisser ces objections sans réponse; il pourrait à bon droit nous dire que l'étude chimique de la lumière est féconde en surprises, que la lumière est encore aujourd'hui le moins connu de tous les agents physiques, et que l'on a vu depuis quelques années se succéder, dans les phénomènes

de cet ordre, tant de faits extraordinaires, qu'il se pourrait bien que quelque observation soudaine vînt renverser l'échafaudage de nos raisonnements théoriques. Cette réplique aurait sa justesse, et nous la laissons subsister comme un encouragement pour M. Niepce à poursuivre l'examen des faits curieux qu'il a signalés.

Nous voudrions d'autant moins contribuer à détourner de ses travaux cet ingénieux physicien, qu'il est peu de personnes aussi dignes que lui de la sympathie publique. Le récit des circonstances qui ont amené M. Niepce de Saint-Victor à s'occuper de recherches scientifiques permettra de juger de l'intérêt que sa situation peut inspirer.

En 1842, l'administration de l'armée manifesta l'intention de changer en couleur *aurore* la couleur distinctive *rose* des premiers régiments de dragons : on désirait n'être pas obligé de défaire les uniformes confectionnés. La question des moyens à employer pour remplir cet objet assez délicat ne laissait pas d'embarrasser l'administration, lorsqu'on apprit qu'un lieutenant de dragons de la garnison de Montauban s'offrait à remplir cette condition difficile. Le lieutenant fut mandé à Paris par le ministre de la guerre; on soumit à une commission le moyen qu'il proposait, et qui consistait à passer avec une brosse un certain liquide qui opérait la réforme désirée, sans qu'il fût même nécessaire de découdre les fracs. L'exécution de ce procédé expéditif épargna au trésor un déboursé de plus de cent mille francs. Après avoir reçu, avec les compliments de ses chefs, une gratification de cinq cents francs du maréchal Soult, le lieutenant reprit le chemin de Montauban. Ce lieutenant s'appelait Niepce de Saint-Victor; il était neveu de Joseph Niepce, le Christophe Colomb de la photographie.

Pendant son séjour à Paris, M. Niepce avait pris le goût des manipulations scientifiques. La découverte de son oncle avait jeté sur le nom qu'il portait une gloire impérissable,

et, comme par une sorte de piété de famille, il se sentait instinctivement poussé dans les voies de la science. Il commença donc à s'occuper de questions dont il n'avait pas eu jusque-là la moindre idée, et s'attacha particulièrement à l'étude des phénomènes daguerriens. Mais une ville de province offre peu de ressources à une personne placée dans la situation où se trouvait M. Niepce. Convaincu que la capitale lui offrirait plus d'avantages pour continuer ses recherches, il demanda à entrer dans la garde municipale de Paris. Il y fut admis en 1845 avec le grade de lieutenant, et fut caserné avec sa brigade au faubourg Saint-Martin. C'est alors que M. Niepce de Saint-Victor découvrit les curieux phénomènes auxquels donne naissance la vapeur d'iode quand elle se condense sur les corps solides. Il démontra, en 1847, que l'inégale absorption de la vapeur d'iode par les différents corps qui la reçoivent se trouve liée à la *couleur des corps absorbants*, phénomène singulier, dont l'explication physique soulève beaucoup de difficultés, et qui mériterait d'être étudié d'une manière approfondie. A la suite de ce premier travail, qui commença à attirer sur lui l'attention, M. Niepce de Saint-Victor imagina la photographie sur verre, découverte qui sera pour lui un titre de gloire durable.

Ces intéressantes recherches, qui apportaient un puissant secours aux progrès de la photographie, M. Niepce les exécutait dans le plus étrange des laboratoires. Il y avait à la caserne de la garde municipale du faubourg Saint-Martin une salle toujours vide : la salle de police des sous-officiers; c'est là qu'il avait installé son officine. Le lit de camp formait sa table de travail, et sur les étagères qui garnissaient les murs, se trouvaient disposés les appareils, les réactifs et tout le matériel indispensable à ses travaux. C'est un spectacle assez curieux que ce laboratoire installé en pleine caserne; c'était surtout une situation bien digne

d'intérêt que celle de cet officier poursuivant avec persévérance des travaux scientifiques malgré les continuelles exigences de sa profession. Nos savants sont plus à l'aise d'ordinaire; ils ont, pour s'adonner à leurs recherches, toute une série de conditions favorables entretenues et préparées de longue main par un budget clairvoyant. Ils ont de vastes laboratoires où tout est calculé pour faciliter leurs travaux; après avoir eu des maîtres pour les initier, ils ont des disciples auxquels ils transmettent les connaissances qu'ils ont acquises; quand le succès a couronné leurs efforts, ils ont le public qui applaudit à leurs découvertes, l'Académie qui les récompense, et au loin la gloire qui leur sourit. M. Niepce était seul; comme il avait été sans maître, il était sans disciples; sa solde de lieutenant formait tout son budget, une salle de police lui servait de laboratoire. Le jour, dans tout l'attirail du savant, il se livrait à des recherches de laboratoire entrecoupées des mille diversions de son état; la nuit, il s'en allait par la ville, le casque en tête et le sabre au côté, veillant en silence à la tranquillité de nos rues, et s'efforçant de chasser de son esprit le souvenir inopportun des travaux de la journée.

En dépit des obstacles d'une position si exceptionnelle, M. Niepce de Saint-Victor avançait dans la voie scientifique, et tout faisait espérer qu'une réussite brillante viendrait couronner ses efforts. Mais il avait compté sans la révolution de février. Les révolutions sont impitoyables; elles n'épargnent pas plus l'asile du savant que le palais des rois. Le 24 février 1848, l'insurrection triomphante entra dans la caserne du faubourg Saint-Martin; elle commença par la saccager, puis elle y mit le feu. Ce laboratoire élevé avec tant de soins et de sollicitude, les produits, les spécimens de ses travaux, le modeste mobilier du lieutenant, tout périt dans ce désastre. Nous eûmes occasion de voir M. Niepce après cette journée. Il s'était retiré dans le haut du faubourg

Saint-Martin, chez un ecclésiastique de ses parents : peu de jours auparavant, sur la place de l'Hôtel-de-Ville, quelques gardes municipaux, reconnus, avaient manqué être victimes de la fureur d'un peuple égaré. Il vivait donc chez son parent, attendant des jours meilleurs; et c'était, je vous l'assure, un spectacle pénible que cet homme de cœur contraint de suspendre à son chevet son épée devenue inutile à la défense des lois, que ce savant réduit à pleurer la perte de son sanctuaire dévasté. Cependant, comme à la fin tout devait reprendre sa place, M. Niepce de Saint-Victor fut incorporé dans la garde républicaine de Paris, au moment de son organisation. Il y reçut le grade de capitaine. Plus tard, en 1855, il a été appelé par l'Empereur au poste de commandant du Louvre où il continue de poursuivre ses travaux.

Nous avons été amené à entrer dans les détails qui précèdent, en considérant combien la conduite de M. Niepce contraste avec celle d'un personnage qui, aux États-Unis, s'est occupé, à l'exemple de notre compatriote, du problème de la reproduction des couleurs. Il est peu de nos lecteurs qui n'aient entendu parler de M. Hill, de New-York, et de sa découverte d'images colorées obtenues au daguerréotype. Tout le bruit que l'on a fait à propos de cette affaire n'était autre chose que ce qu'on nomme en Angleterre un *puff*, et en Amérique un *attrape-penny*. Cette mystification qui, hardiment conduite, a valu à son auteur un bénéfice net de deux cent mille francs, vaut la peine d'être racontée.

Les États-Unis sont sans aucun doute le pays de la terre où la photographie compte le plus d'adeptes : on y trouve environ dix mille photographes. De ce nombre était M. Hill, pasteur retraité à New-York. Le problème de la reproduction des couleurs par les agents photographiques avait séduit l'imagination du révérend ; il s'occupa quelque temps

avec zèle et conscience de recherches sur ce sujet. Mais, comme tant d'autres, notre expérimentateur échoua dans cette entreprise. Seulement M. Hill, qui connaît le prix du temps, ne voulut pas avoir perdu son année en essais inutiles, et ne pouvant, avec les résultats de son travail, s'élever à la gloire, il résolut de s'en servir pour arriver à la fortune. On va voir comment il y parvint.

Au moins de janvier 1851, un journal spécialement consacré à la photographie, le *Photographic art Journal*, qui paraît à New-York, sous la direction de M. Snelling, annonça que, par de longues et minutieuses recherches, un photographe américain venait de découvrir le moyen tant cherché de reproduire avec leurs couleurs naturelles les images de la chambre obscure : cet heureux inventeur, c'était M. Hill, qui affirmait avoir en sa possession un grand nombre d'épreuves colorées obtenues par le daguerréotype. L'auteur de cet article du journal n'avait pu obtenir encore la faveur d'examiner les épreuves, mais un *gentleman* honorablement connu dans la ville, et dont il citait le nom, les avait tenues entre ses mains et se portait garant de la découverte.

Cette annonce ayant produit tout l'effet qu'il en attendait, M. Hill expédia à tous les photographes des États-Unis une circulaire dans laquelle il promettait de publier prochainement un ouvrage qui fournirait des éclaircissements sur sa découverte. L'auteur ajoutait qu'un exemplaire de ce livre serait envoyé à toutes les personnes qui lui feraient parvenir, avec leur adresse, la somme de cinq dollars (25 francs). Au bas de la circulaire, se trouvait un certificat signé de plusieurs noms, attestant que M. Hill était un respectable ecclésiastique à qui toute confiance pouvait être accordée.

Le volume annoncé ne tarda pas à paraître ; il contenait cent pages d'impression, et pouvait avoir coûté à l'auteur

trente centimes l'exemplaire. Il y a, avons-nous dit, aux États-Unis, dix mille photographes ; trois mille au moins achetèrent le livre ; M. Hill retira donc de sa spéculation environ quatorze mille dollars. Il est bien entendu que l'ouvrage ne disait pas un mot de la reproduction des couleurs ; il ne renfermait que quelques descriptions banales des procédés ordinaires du daguerréotype.

Peu de temps après, M. Hill adressait au *Photographic art Journal* une lettre pour expliquer les motifs qui l'avaient détourné de donner, dans sa brochure, la description de son procédé. Ces raisons étaient sans réplique. Il lui restait à découvrir le moyen de fixer la couleur jaune, et dans l'intérêt de sa découverte, il ne voulait rien publier avant d'avoir terminé son œuvre. Une maladie avait interrompu ses travaux, mais il allait avant peu les reprendre, et publier une nouvelle brochure où ses procédés seraient fidèlement décrits. Voici d'ailleurs les principaux passages de cette lettre bien digne d'être conservée.

« Il y a quelques mois, écrit M. Hill au rédacteur du *Journal photographique de New-York*, j'annonçai en peu de mots sur la couverture de ma dernière publication relative à la photographie, que j'avais résolu le grand problème de la *chromotypie*. C'est la seule chose que j'aie encore publiée à ce sujet ; mais comme vous avez eu la bonté de parler de ma découverte dans votre estimable journal, et comme je suis assuré par ce que me disent mes amis et par le grand nombre de lettres que je reçois constamment, que la *phalange daguerrienne* commence à prendre intérêt à cette découverte, je rendrai compte des faits qui y sont relatifs.

« Il y a environ deux ans, je commençai des expériences dans le but de combler ce grand vide de l'art photographique, mais avec peu de foi dans la réussite. Je pensais que certaines circonstances pourraient naître, certaines juxtapositions s'arranger d'elles-mêmes, par lesquelles une image colorée s'imprimerait, au moyen de la chambre noire, sur une surface sensible préparée à cet effet, et que la vapeur du mercure n'étant pas la seule qui possédât une *puissance développante*, quelque autre vapeur ou

substance pourrait être trouvée qui, en la développant, conserverait les couleurs de ladite image. Je trouvai un grand nombre de substances qui développent les images dans la *lumière* et dans l'*ombre*. Après des expériences presque innombrables, dans lesquelles je ne produisis rien autre chose que de la *lumière* et de l'*ombre* (à l'exception d'une fois où j'obtins le rouge d'un vêtement de couleur), j'étais sur le point d'abandonner mes recherches, quand je formai tout à fait inopinément un *singulier composé* que j'appliquai à mon expérience, et à l'aide duquel j'obtins une magnifique épreuve colorée. Cette peinture est tout à fait égale à celles que j'ai obtenues depuis.

« Le *composé* dont j'ai parlé plus haut est encore pour moi sans explication, quoique j'aie fait de la chimie l'étude de longues années. Je suis convaincu que c'est une nouvelle substance, ou une combinaison nouvelle de substances, et c'est tout ce que je sais. Il est simple et facile à produire, mais par aucune des lois inscrites dans le grand nombre d'ouvrages de chimie qui me sont familiers. Sans doute pourtant une analyse habile et attentive déterminerait sa nature.

« Mon procédé ne ressemble en rien à ceux de M. Becquerel et de sir John Herschel, et il *diffère essentiellement* de celui de Daguerre. Je dois mon succès à des *sources beaucoup plus humbles*, comme on va le voir. Tout en est parfaitement simple, et un habile daguerréotypiste le posséderait à fond en un jour. Beaucoup d'artistes éminents m'ont assuré que cette découverte aurait une prééminence complète sur le simple daguerréotype ; aucune épreuve sur la plaque ne pourrait être mise en comparaison avec ce merveilleux travail des rayons colorés.

« Parmi mes quarante-cinq spécimens, je citerai les suivants :

« 1° Une vue, *maison rouge, herbe et feuillages verts, troncs et branches d'arbres, vaches de différentes couleurs, vêtements divers étendus sur une corde, ciel bleu.* Le *bleu pâle* et limpide de l'atmosphère qui s'étendait entre la chambre noire et les montagnes éloignées, est répandu délicatement sur la peinture comme par la main d'un grand artiste.

« 2° Scène de soleil couchant, dans laquelle le *jeu des couleurs sur les images* est rendu avec une vérité et une splendeur que je ne saurais décrire.

« 3° Plusieurs portraits, dans lesquels j'ai obtenu *le ton véritable de la peau, le rosé des joues et des lèvres, les yeux bleus ou bruns, les cheveux bruns, blonds ou roux, et toutes les couleurs*

de la draperie. La *soie changeante* est rendue avec toute la finesse de ses tons mélangés et toute la richesse de ses couleurs. J'obtiens non-seulement le *rouge*, le *bleu*, l'*orangé*, le *violet*, etc., mais aussi leurs teintes variées. Je sais que c'est dire beaucoup, car j'ai été à même de voir un grand nombre de belles épreuves de daguerréotype dans les mains d'artistes tels que Boot, Brady, Haas, Lewis, Meade frères, A. Morand, Gurney, Thompson, Garit, Walker, Burgess et beaucoup d'autres...

« Je suis tout à fait décidé à pousser mon procédé *aussi loin que possible* avant de le rendre public. Jusque-là le secret le plus strict sera gardé. Ma femme et moi le connaissons seuls, et personne n'en saura le premier mot avant que je sois *parfaitement sûr* d'une indemnité convenable en échange. J'en ai besoin, car je suis pauvre ; et si je ne puis obtenir un brevet sans courir les risques auxquels les premiers inventeurs sont généralement soumis, j'ai un plan par lequel je puis assurer mes droits. *Le procédé ne sera point monopolisé par quelques-uns;* mais j'ai l'intention de donner des facilités à tous les artistes de mérite qui s'occupent de daguerréotype, et cela à des *conditions favorables*. Ce que je viens de dire, c'est afin que mes confrères en héliographie qui jugeront convenable de communiquer avec moi puissent connaître ma résolution et ne me forcent point à agir autrement, car je désire préserver autant que possible mon esprit de toute préoccupation étrangère à l'art.

« En souhaitant à votre importante publication tout le succès qu'elle mérite, je suis, monsieur le rédacteur, etc.

« S.-L. Hill.

« *Post-scriptum*. Permettez-moi de dire, en terminant, que je suis extrêmement reconnaissant à plusieurs artistes de Philadelphie et d'ailleurs, qui m'ont visité et ont correspondu avec moi, du vif intérêt qu'ils ont accordé à mon entreprise. Tous ont des droits à ma reconnaissance pour la manière dont ils ont patronné mes publications sur l'art, et probablement avant peu je publierai un autre volume dans lequel je donnerai d'autres détails sur ma découverte. »

Selon l'usage consacré, M. Hill plaçait dans le *post-scriptum* de sa lettre ce qui l'intéressait le plus, c'est-à-dire l'annonce de son nouvel ouvrage. De toutes ses promesses,

cette dernière fut la seule à se réaliser, car l'ouvrage parut au bout d'un mois. Ce n'était d'ailleurs qu'une seconde édition de la première brochure avec une addition de quelques pages. Elle coûtait trois dollars, et rapporta à l'auteur la moitié de ce que la première édition avait produit, 35000 francs environ.

Cependant ce n'était pas tout encore, car bientôt un nouveau livre fut promis, qui devait dévoiler « les quatre grands secrets de l'art photographique. » Prix, 25 francs. Cette brochure fut aussi discrète que ses aînées sur les procédés *chromotypiques* de M. Hill. Seulement on lisait l'avis suivant sur la couverture :

« Plusieurs années d'expériences et d'études nous ont amené à la découverte de quelques faits remarquables qui touchent à l'obtention des *couleurs naturelles* dans la photographie : par exemple, nous pouvons produire le bleu, le rouge, le violet et l'orangé ensemble sur une même plaque. Nous pouvons aussi reproduire un paysage avec ses couleurs parfaitement développées, et cela dans un espace de temps trois fois moindre que pour obtenir une image ordinaire : le grand problème est résolu; bientôt le résultat en sera confié à tous ceux qui voudront payer un prix modéré. »

En même temps, le *Daguerrian Journal*, autre recueil américain consacré aux arts photographiques, se répandait en éloges sur la découverte de M. Hill. L'éditeur de ce journal se présentait comme le confident secret de l'inventeur et fatiguait sa plume de descriptions enthousiastes. Il écrivait dans son numéro de mai 1851 : « Si Raphaël « avait vu une seule de ces épreuves avant de terminer la « *Transfiguration*, il eût jeté sa palette et pour jamais re- « noncé à peindre. » Il baptisait du nom de *Hillotype* un instrument que personne n'avait vu, et publiait le portrait de M. Hill, qu'il considérait comme « l'un des plus grands « hommes qui aient vécu. »

Le résultat de ces manœuvres était facile à deviner. Un véritable enthousiasme éclata pour le nouveau révélateur. Au milieu des élans de l'admiration générale, on ne remarquait aucune des contradictions qui éclataient à chaque assertion nouvelle émise par l'inventeur. Sa maison était assiégée de personnes qui venaient lui offrir une association ou lui proposer d'acheter son brevet. A toutes ces offres, M. Hill répondait avec beaucoup de calme que, pour bien s'entendre, il fallait commencer par étudier avec lui les éléments de la photographie; il recueillait ainsi des élèves au prix de cinquante dollars pour quelques leçons.

Bientôt le nombre des visiteurs et des élèves devint si grand, que M. Hill fit annoncer qu'à dater de ce jour il fermait sa porte à tout le monde.

Cependant quelques personnes douées de pénétration n'hésitèrent pas à prédire que le révérend trouverait quelque autre moyen d'exploiter l'enthousiasme public, et qu'à cet effet, une nouvelle brochure ne tarderait pas à voir le jour. On ne se trompait pas. Les photographes reçurent le prospectus d'un quatrième ouvrage du prix de trois dollars. Ce prospectus reproduisait les articles pleins d'éloges publiés jusque-là par les différents journaux, et citait les noms de plusieurs personnes honorables qui avaient visité l'auteur, ce qui semblait placer l'invention sous leur patronage. En même temps le lecteur était informé que le meilleur moyen de prendre place dans les souvenirs de M. Hill, était de lui adresser la demande d'un exemplaire au prix indiqué.

Cette quatrième publication parut au mois de mai, avec les fleurs et les beaux jours. Comme la précédente, elle procura un bénéfice considérable à son heureux auteur.

Mais les plus belles choses ont leur terme en ce monde, et, si bien ourdie qu'elle fût, cette mystification ne pou-

vait pas toujours durer. Elle se termina par la circonstance même qui l'avait produite : née de l'intérêt particulier, elle s'évanouit par la résistance des intérêts qu'elle menaçait. Les fabuleuses annonces du révérend apportaient un immense préjudice aux photographes de New-York et des États environnants. Partout leurs travaux étaient suspendus : chacun voulait attendre la mise en pratique du nouveau système et traitait fort cavalièrement les anciens procédés. L'inventeur se trouva donc assailli de réclamations et sommé, sous toutes les formes, de s'expliquer sans plus de détours sur la réalité de sa découverte. Le *Photographic Journal*, qui avait plus particulièrement prôné et patronné M. Hill, fatigué de ses réponses évasives, voulut le mettre en demeure de s'expliquer d'une manière catégorique. Le directeur de ce journal lui proposa donc de désigner dix à douze photographes auxquels il se contenterait de montrer ses épreuves, avec toutes les précautions qu'il jugerait nécessaires, et en exigeant d'eux toutes les garanties de discrétion qu'il pourrait imaginer. Cette proposition si modérée, puisque tout se bornait à constater le fait de la découverte, M. Hill la rejeta sous cet ingénieux prétexte qu'il avait contracté envers sa femme l'engagement solennel de ne montrer ses spécimens à personne, de peur que la vue d'une seule épreuve ne fît découvrir son procédé.

Le rédacteur du *Photographic art Journal* fut donc contraint de renoncer à l'espoir de contempler les œuvres merveilleuses de M. Hill. Rien ne lui fut montré, pas même « ces vaches de différentes couleurs » dont il avait publié de si engageantes descriptions.

Comme l'inventeur ne paraissait arrêté que par la crainte de perdre le bénéfice qu'il attendait de ses travaux, un praticien de New-York résolut de lui enlever ce dernier genre de scrupules. Le *Photographic Journal* publia une

lettre d'un photographe, M. Anthony, qui proposait d'ouvrir dans toutes les villes des États-Unis une souscription dont le chiffre serait fixé par M. Hill lui-même. Une fois ce chiffre atteint, la somme demandée par l'inventeur lui serait remise, après constatation, par un jury compétent, de la réalité de sa découverte. En acceptant cette proposition, M. Hill pouvait tout à la fois s'assurer une grande fortune et contribuer au progrès de son art. Or, voici la réponse qu'il adressa à M. Anthony, par l'intermédiaire du *Photographic Journal*.

« Comme je vous ai promis de vous écrire, je choisis cette occasion de le faire. Depuis que je suis revenu chez moi, j'ai été très-souffrant, mon ancienne affection des bronches ayant été excitée de nouveau par un fort rhume. Je n'ai pu travailler un seul jour, et c'est un véritable chagrin pour moi. Pourtant je suis mieux maintenant, et j'espère pouvoir reprendre mes travaux d'ici à quelque temps.

« Je me suis fait cette question : Comment pourrai-je continuer ! Je suis pauvre, et il faut que j'aie les moyens de soutenir ma famille sans embarras ; or je ne puis travailler. Des offres d'argent m'ont été faites à New-York ; j'ai reçu d'ailleurs de semblables propositions. Mais ce que j'ai craint de faire jusqu'à présent, je suis décidé plus que jamais maintenant à ne point le faire, c'est-à-dire à ne recevoir aucune avance sur un procédé de la disposition duquel je veux rester complétement libre. Dans de telles circonstances, que pourrais-je faire, sinon de continuer à m'aider moi-même, comme je l'ai fait jusqu'à présent ? Aussi, après mûre réflexion, je me suis décidé à publier un autre livre. Il renfermera mon premier ouvrage plus abrégé, et quelques notions nouvelles sur mon procédé.

« Vous recevrez une circulaire plus explicite, et j'espère que vous coopérerez à la vente de ce volume.

« Agréez, etc. S.-L. Hill. »

En reproduisant son éternelle réponse : « Prenez mon livre ! » M. Hill avouait implicitement qu'il était à bout de bonnes raisons. A dater de ce moment, les photographes des États-Unis se sont tenus pour rassurés, et s'applaudis-

sant d'avoir échappé au danger qui avait paru un moment menacer leur industrie, ils ont repris le chemin de leurs ateliers en répétant entre eux le titre de la pièce de Shaksepêare : *Much ado about nothing* (*Beaucoup de bruit pour rien*). Ainsi s'est terminée la comédie, et si ce récit n'a pas ennuyé le lecteur, il nous pardonnera sans doute la longueur de la digression.

CHAPITRE V.

Applications de la photographie aux sciences physiques et naturelles.

Cette notice serait incomplète si, après avoir exposé l'histoire et l'état présent de la photographie, nous ne faisions connaître les applications principales que cette belle découverte a reçues jusqu'à ce jour dans les sciences et les beaux-arts. Occupons-nous d'abord de ce qui touche aux sciences.

Une des parties importantes de la physique, la *photométrie*, qui traite de la comparaison de l'intensité des diverses sources lumineuses, a emprunté aux procédés photographiques de précieuses ressources d'expérimentation. Avant la découverte du daguerréotype, les phycisiens ne pouvaient déterminer avec rigueur l'intensité comparée de deux soures lumineuses, que lorsque celles-ci brillaient simultanément. Les moyens de mesure perdaient la plus grande partie de leur valeur, quand les deux lumières n'étaient pas visibles à la fois. C'est ainsi que l'intensité relative de la lumière solaire et de la lumière des étoiles ou de la lune n'avait pu jusque-là être fixée avec exactitude. L'emploi des moyens photographiques a permis de procéder

avec rigueur à cette détermination délicate. Une plaque daguerrienne ou un papier sensibilisé étant exposés à l'influence chimique de l'image formée au foyer d'une lentille par un objet lumineux, le degré d'altération subie par la couche sensible sert de mesure à l'intensité de la lumière émise. On a pu comparer ainsi avec une entière précision les rayons éblouissants du soleil et les rayons trois cent mille fois plus faibles de la lune. MM. Fizeau et Foucault ont eu recours au même moyen pour étudier comparativement les principales sources lumineuses naturelles ou artificielles en usage dans l'industrie, dans les arts et dans l'économie domestique.

Les procédés empruntés à la photographie ont été employés pour enregistrer d'une manière continue les indications de quelques instruments météorologiques, tels que l'aiguille aimantée et le baromètre. Aujourd'hui, grâce à cet admirable artifice, dans quelques observatoires de l'Europe, les instruments de météorologie enregistrent eux-mêmes leurs propres observations. L'aiguille indicatrice de l'instrument vient se peindre sur la surface d'un cylindre qui tourne sur son axe d'un mouvement uniforme et exécute une révolution dans l'espace de vingt-quatre heures. Le cylindre, étant recouvert d'un papier photographique préparé à la manière ordinaire, conserve, dans une sorte de traînée continue, la trace de l'indicateur, et présente ainsi une courbe dont chaque ordonnée indique l'état de l'instrument à l'heure marquée par l'abscisse correspondante.

Dans l'observatoire de Greenwich, en Angleterre, des instruments fondés sur ce principe sont mis en usage depuis quelques années : le gouvernement a honoré d'une récompense de 500 livres sterling le docteur Brooke, auteur de cette belle application des procédés photographiques. Cette méthode d'observation a fait renoncer à la

surveillance de jour et de nuit à laquelle on était soumis depuis si longtemps pour relever l'indication des instruments météorologiques; elle a permis, de plus, de réduire de quatre à deux le nombre des surveillants de l'observatoire magnétique.

C'est surtout, en effet, pour enregistrer les observations magnétiques, c'est-à-dire l'inclinaison et la déclinaison de l'aiguille aimantée, que l'appareil de M. Brooke est en usage à Greenwich. Voici, en quelques mots, le principe de sa disposition. L'extrémité de l'aiguille aimantée porte un miroir, et l'on fait réfléchir à ce miroir la lumière d'une petite lampe. Lorsque ce miroir se meut, par suite des mouvements divers que subit l'aiguille aimantée dans les différentes variations qu'il s'agit de noter, la lumière de la lampe réfléchie dans ce miroir, décrit, sur l'écran où on la reçoit, un arc d'autant plus grand que cet écran est plus éloigné. Or, cet écran, placé dans un lieu obscur, porte un papier photographique. On obtient donc ainsi, sur une surface impressionnable, la trace du mouvement angulaire accompli dans un certain intervalle par l'aiguille aimantée. Maintenant, si l'écran formé par le papier sensible est fixé à un cylindre tournant horizontalement sur son axe une fois en vingt-quatre heures, la marche du point lumineux réfléchi sera indiquée par l'espace influencé sur le papier. Il n'y a donc plus qu'à rendre permanente, à l'aide des procédés ordinaires, l'impression laissée sur la surface sensible; les papiers ainsi obtenus conservent et représentent l'indication des différents mouvements de l'aiguille magnétique pendant le cours de vingt-quatre heures.

On a réussi à Greenwich à employer des moyens semblables pour enregistrer les indications barométriques; mais on n'a pu parvenir encore à les appliquer à l'observation de la marche du thermomètre.

L'éclipse de soleil du mois de juillet 1851 et celle du 18 juillet 1860, ont fourni une preuve intéressante du secours que la photographie peut apporter à l'étude des phénomènes astronomiques. Un grand nombre d'opérateurs fixèrent sur une plaque daguerrienne les différentes phases de cette éclipse. L'une des épreuves les plus remarquables en ce genre, obtenue à Rome en moins d'une seconde par M. Secchi, au moyen d'une lunette astronomique, fut mise sous les yeux de l'Académie des sciences de Paris. Ses dimensions étaient considérables; les bords du disque de la lune s'y trouvaient nettement accusés. En présentant cette épreuve à l'Académie, M. Faye fit remarquer que de semblables reproductions de l'image solaire par les moyens photographiques pourraient rendre de grands services à l'astronomie. Obtenues par séries à des intervalles de temps égaux, elles permettraient, selon ce savant académicien, de calculer le diamètre de l'astre autour duquel gravite notre système planétaire, aussi bien que la position exacte des taches qu'il présente et sur la nature desquelles tant de discussions se sont élevées. Il serait facile d'avoir dans les cabinets d'astronomie des images du soleil prises dans toutes les saisons; on pourrait ainsi, ajoute M. Faye, déterminer plus exactement qu'on ne l'a fait jusqu'ici, par l'action chimique de ses rayons, la nature de cet astre et son état solide ou gazeux.

En 1857, on a obtenu des spécimens photographiques d'une éclipse de lune. M. Bertsch, opérant avec la grande lunette de M. Porro, a saisi assez bien l'image photographique de la lune pendant cette éclipse. Le père Secchi, directeur de l'observatoire de Rome, est arrivé de son côté à de bons résultats par le même moyen qui permet de conserver les preuves authentiques des phases de cet intéressant phénomène astronomique.

Plusieurs physiciens ont cru reconnaître que la lumière

solaire émise deux ou trois heures avant midi, diffère, par quelques caractères, de celle qui est émise aux périodes correspondantes après le passage au méridien. Il était donc utile de chercher à apprécier les caractères propres à la lumière solaire aux différentes heures du jour. M. Herschel, M. Edmond Becquerel et quelques autres physiciens, ont construit divers instruments nommés *actinographes*, qui permettent d'arriver à ce résultat. Le degré d'altération d'une couche de bromure d'argent sert de mesure à l'intensité d'action chimique de la lumière émanant du soleil à chaque période de la journée.

L'étude de l'action chimique de la lumière est devenue, dans ces dernières années, l'objet des recherches et des travaux assidus de nos physiciens. M. Edmond Becquerel en France, M. Herschel en Angleterre, M. Moser en Allemagne, M. Draper en Amérique, ont ouvert dans cette direction une voie toute nouvelle, et qui doit aboutir un jour aux découvertes les plus intéressantes sur la nature de l'agent lumineux, sur ses effets physiques et chimiques, sur sa constitution intime, questions qui se rattachent aux parties les plus élevées et les plus délicates de la physique des corps. Les papiers sensibles préparés avec les composés chimiquement impressionnables, ont été les moyens et les instruments naturels de ces importantes recherches, qui méritent d'être encouragées et secondées de toutes manières.

Tels sont les services que la photographie a déjà rendus aux sciences physiques; les applications de cette découverte à l'histoire naturelle sont plus variées et plus générales. La possibilité d'obtenir en quelques instants des dessins parfaits d'animaux, de plantes et d'organes isolés, donne aux naturalistes voyageurs la faculté d'accroître indéfiniment les richesses de leurs collections d'études. Les procédés daguerriens constituent donc une des ressources

les plus efficaces offertes à l'avancement des sciences naturelles. L'étude si intéressante, mais si peu avancée encore des races humaines, trouvera surtout, dans l'usage de la photographie, la source de ses progrès. L'imperfection de l'anthropologie tient surtout à l'absence d'un musée de types authentiques. On conçoit dès lors l'utilité que présenterait, pour cette science, une collection ethnologique obtenue par la photographie. Les portraits daguerriens des Botocudes, ou naturels de l'Amérique du Sud, apportés en France en 1844 par M. Thiesson, et les études de types africains recueillies par le même artiste dans un voyage postérieur, enfin les spécimens semblables obtenus à Paris par M. Rousseau, en 1854 et 1855, ont montré tout ce que l'anthropologie peut attendre de l'emploi des procédés daguerriens. Le voyage du prince Napoléon dans les mers du nord de l'Europe, effectué pendant l'été de l'année 1856, a permis de recueillir une série de types vivants d'Hottentots, ce mot ne saurait être juste ; au moins paraît-il fort singulier : *quid?* de Groënlandais, d'Islandais, etc. Tous ces spécimens obtenus par M. Rousseau, sont déposés au Muséum d'histoire naturelle de Paris, où l'on a formé une collection, déjà assez riche, de types d'individus vivants, recueillis au moyen des procédés photographiques en divers points du monde.

Ajoutons qu'un médecin de la Salpêtrière, en publiant une série de types d'idiots et de crétins, recueillie au moyen de la photographie, a donné un exemple des avantages que peut offrir la photographie, pour la description et l'étude de ces tristes affections de l'espèce humaine.

Dès les premières années de la découverte de Daguerre, MM. Donné et Léon Foucault réalisèrent une autre application de la photographie à l'histoire naturelle, aussi curieuse qu'utile. Ils eurent l'idée de daguerréotyper l'image amplifiée des objets microscopiques, et de rendre ainsi

permanentes les images éphémères formées par la lentille de l'instrument. L'image que donnent au microscope solaire les globules du sang, par exemple, était reçue sur une plaque iodurée, et y laissait son empreinte, qu'il ne restait plus qu'à rendre fixe par les moyens ordinaires. Les épreuves ainsi obtenues ont servi de modèle aux dessins de l'atlas qui accompagne l'ouvrage de M. Donné sur les applications du microscope à l'étude physique des sécrétions animales.

Ces résultats intéressants n'étaient cependant qu'un prélude, car les nouveaux perfectionnements récemment apportés à la photographie sur papier vont permettre de donner beaucoup d'extension à l'emploi des procédés daguerriens dans les études relatives aux sciences naturelles. Le moment n'est pas éloigné où le naturaliste confiera presque exclusivement à la photographie l'exécution de ses dessins. Au lieu de se condamner à relever péniblement au crayon les détails principaux des objets qu'il étudie, il en obtiendra en quelques instants, sur le papier, une image rigoureuse, sans même avoir recours au microscope solaire. Le travail du graveur deviendra ainsi inutile, car les épreuves positives tirées sur papier avec l'épreuve négative fourniront un grand nombre de reproductions du premier type qui rendront superflue toute intervention de la gravure.

En 1854, MM. L. Rousseau et A. Deveria commencèrent la publication d'un ouvrage qui avait pour titre *Photographie zoologique*, et qui avait pour but de reproduire par la photographie les spécimens zoologiques les plus intéressants et les plus rares du Muséum d'histoire naturelle de Paris. Cette publication n'a pas été poussée au delà de quelques livraisons, mais elle a suffi pour faire comprendre tous les avantages que présente pour l'étude de la zoologie l'emploi des procédés photographiques. Leur utilité dans

ce cas spécial réssortira avec évidence des considérations suivantes.

Les parties du corps des animaux que le dessinateur doit représenter offrent le plus souvent une foule de détails qu'il est important d'exprimer, mais que leur ténuité ne permet pas toujours de mettre en évidence. Il est dès lors indispensable de donner une image de ces parties vues au microscope. Pour donner une idée exacte de l'objet, il faut donc presque toujours que le dessinateur exécute deux sortes d'images : une figure d'ensemble non grossie, et les figures de certaines parties caractéristiques plus ou moins amplifiées. Cette nécessité n'existe plus avec la reproduction photographique, car l'épreuve donne à elle seule la figure d'ensemble et la figure grossie à la loupe. En effet, si l'on examine l'épreuve photographique à l'aide d'une loupe, on y découvre tous les détails que cet instrument ferait voir dans l'objet lui-même, et, par conséquent, ici une seule et même image peut tenir lieu des deux sortes de figures qui sont généralement nécessaires dans les planches de zoologie.

En second lieu, l'emploi de la photographie pour la représentation des formes zoologiques a l'avantage de présenter les objets sous leur aspect absolument vrai et indépendant de toute interprétation particulière à l'auteur. Quand un naturaliste exécute un dessin, il lui est impossible de faire abstraction de ses idées personnelles ; il ne peut traduire sur le papier que ce qu'il remarque sur le modèle ; or bien souvent ses prédilections théoriques lui ferment involontairement les yeux sur des détails qu'apercevrait pourtant et que traduirait un autre zoologiste imbu d'idées différentes. Aussi les dessins d'un zoologiste peuvent-ils rarement profiter aux études de ses successeurs qui y cherchent en vain les particularités de structure dont le premier iconographe n'a pu tenir compte, parce que

l'attention ne se portait pas sur ces détails à cette époque, ou parce que le système scientifique était différent et écartait la considération de ces particularités. Il est évident que la photographie, par l'impartialité absolue de sa représentation graphique, met à l'abri de cet inconvénient, et c'est surtout par cette considération qu'il est à désirer qu'elle devienne d'un emploi usuel pour les zoologistes.

Est-il nécessaire d'ajouter que les opérations photographiques peuvent se combiner non moins utilement avec les travaux de la cosmographie, de l'archéologie, de l'architecture ?

« Pour copier les millions et millions d'hiéroglyphes qui couvrent, même à l'extérieur, les grands monuments de Thèbes, de Memphis, de Karnak, a dit Arago dans son rapport à la chambre des députés, il faudrait des vingtaines d'années et des légions de dessinateurs. Avec le daguerréotype, un seul homme pourrait mener à bonne fin cet immense travail. Munissez l'Institut d'Égypte de deux ou trois appareils de M. Daguerre, et, sur plusieurs des grandes planches de l'ouvrage célèbre, fruit de notre immortelle expédition, de vastes étendues d'hiéroglyphes réels iront remplacer des hiéroglyphes fictifs ou de pure invention, et les dessins surpasseront partout en fidélité, en couleur locale, les œuvres des plus habiles peintres; et les images photographiques, étant soumises dans leur formation aux règles de la géométrie, permettront, à l'aide d'un petit nombre de données, de remonter aux dimensions exactes des parties les plus élevées, les plus inaccessibles des édifices. »

M. le baron Gros, qui se délasse de ses fonctions diplomatiques par ses travaux de photographie sur métal, où il compte peu de rivaux, a eu par devers lui une preuve assez curieuse de l'utilité des arts photographiques en matière d'archéologie. En 1849, M. Gros, alors ministre plénipotentiaire en Grèce, avait fixé, au moyen du daguerréotype, un point de vue de l'acropole d'Athènes. De retour à Paris à la fin de sa mission, il eut la fantaisie d'examiner à la

loupe les détails de cette épreuve. Or, à sa grande surprise, la loupe lui fit reconnaître sur cette image une particularité qu'il n'avait point aperçue sur la nature. Sur une pierre située au premier plan, et parmi les débris antiques amoncelés et jonchant le sol, se trouvait esquissé en creux un lion dévorant un serpent ; le dessin de cette figure était d'un âge si reculé, que ce monument dut être rapporté à l'époque égyptienne. Ainsi, à sept cents lieues de la Grèce et hors du théâtre de l'observation, la photographie avait révélé l'existence d'un document utile, inaperçu jusque-là, et qui apportait quelque éclaircissement à la connaissance d'un fait historique.

Auxiliaire de la physique, de la chimie, de l'histoire naturelle, de la cosmographie et de l'archéologie, la photographie a donc trouvé dans les sciences plusieurs applications utiles. Cependant les services qu'elle a rendus jusqu'à ce moment à l'étude des sciences sont probablement peu de chose relativement à ce qu'elle leur promet encore. La photographie est aux mains des savants depuis si peu d'années, qu'il est difficile aujourd'hui de prévoir et de fixer avec certitude le parti que l'on pourra en tirer dans l'avenir : « Quand les observateurs, a dit Arago, appliquent « un nouvel instrument à l'étude de la nature, ce qu'ils en « ont espéré est toujours peu de chose relativement à la « succession de découvertes dont cet instrument devient « l'origine. »

CHAPITRE VI.

La photographie au point de vue des arts.

Les services que la photographie peut nous rendre ne sont pas limités au domaine des sciences ; elle peut trouver dans la sphère des arts des applications d'un autre ordre, et nous devons examiner jusqu'à quel point et dans quelles circonstances elle peut devenir utile comme moyen d'étude dans les arts de la peinture et du dessin.

La question de la valeur artistique des productions daguerriennes est encore très-diversement résolue ; il règne à ce sujet des opinions fort opposées. Quelques personnes, considérant l'inimitable perfection de détails que présentent les dessins photographiques, sont disposées à placer les créations de Daguerre au rang des plus belles productions des arts. D'autres contestent d'une manière absolue le mérite de tous les dessins obtenus par ces procédés, d'où la main de l'homme est bannie. Il existe enfin une troisième opinion, d'après laquelle, tout en rejetant la valeur des productions daguerriennes comme œuvre artistique, on pense néanmoins que l'étude de ces copies si parfaites de la nature est susceptible de rendre d'utiles services aux études du dessinateur et du peintre.

Telles sont les opinions assez tranchées qui divisent les artistes sur la valeur des épreuves photographiques. Au point de vue de la métaphysique des arts, en ce qui concerne la pratique de la peinture et du dessin, cette question a son importance, et comme nous ne l'avons trouvée nulle part discutée avec le soin qu'elle mérite, nous

croyons nécessaire de la soumettre ici à un rapide examen. Nous allons donc rechercher si les productions photographiques présentent quelque valeur au point de vue des arts, et si elles sont de nature à rendre à l'étude de la peinture et du dessin quelques services dignes d'être notés.

Pour procéder avec méthode à l'examen de cette question, il est nécessaire de distinguer entre les images sur plaque métallique et les épreuves sur papier. Au point de vue des arts, une différence profonde sépare ces deux genres de produits photographiques, de telle sorte que les observations qui concernent l'un d'eux ne sauraient s'appliquer à l'autre. Aussi devrons-nous, dans cette discussion, les considérer isolément. L'étude de la valeur artistique des épreuves sur métal nous occupera la première.

Considérées dans leur valeur absolue comme objet d'art, les images daguerriennes présentent certaines imperfections qu'il est facile de signaler. En premier lieu, les tons de la nature y sont altérés presque constamment. Si l'on a sous les yeux une épreuve daguerrienne et son modèle, on reconnaîtra sans peine que les tons de la copie et ceux de l'objet reproduit sont loin de correspondre entre eux. Tel ton, vigoureux sur le modèle, est peu sensible sur l'épreuve métallique ; au contraire, une nuance lumineuse d'une faible valeur dans la nature se trouve accusée sur la plaque avec un éclat tout à fait exagéré. Aussi la plupart des demi-teintes sont-elles en général forcées ; il résulte de là que l'épreuve daguerrienne est habituellement dure. Le regrettable effet dont nous parlons tient, sans doute, à ce que les différentes couleurs des objets extérieurs ont une action propre et variable sur les substances chimiques qui recouvrent la plaque, action qu'il est aussi impossible de prévoir que de diriger. Personne n'ignore, par exemple,

les difficultés que présente la couleur verte pour la reproduction photographique sur métal.

Les amateurs font quelquefois reproduire par le daguerréotype des tableaux peints à l'huile. Il est facile de reconnaître que ces copies n'ont de valeur et de vérité que lorsque les tons du modèle sont peu nombreux et très-voisins les uns des autres. Une peinture de tons uniformes et sobres donne sur la plaque une image d'une ressemblance parfaite dans les tons; mais si elle est riche, de couleurs variées et papillotantes, l'épreuve daguerrienne qu'elle fournit est d'une fausseté criante. Faites reproduire par le daguerréotype, d'une part un tableau du style sobre et tranquille de M. Ingres, et d'autre part une toile animée de l'éclat et du brillant coloris de Delacroix, et vous pourrez vous convaincre de la vérité de cette observation.

En second lieu, dans les images de Daguerre, la perspective linéaire et la perspective aérienne sont très-souvent faussées. L'altération de la perspective linéaire est la conséquence presque inévitable de l'emploi d'un appareil optique. Les objets placés à des distances inégales ont des foyers lumineux distincts les uns des autres, et, quelle que soit la perfection de l'objectif, il est impossible qu'il fasse converger en un même point les rayons lumineux émanant d'objets fort éloignés entre eux. Tout le monde a remarqué, par exemple, que dans un portrait, si les mains se trouvent placées sur un plan sensiblement antérieur au plan du visage, elles viennent toujours d'une dimension exagérée et tout à fait hors de proportion. L'altération de la perspective aérienne est aussi la conséquence presque forcée du procédé photographique. La substance qui reçoit l'impression de la lumière est, relativement, plus sensible que notre œil même; il en résulte que les aspects lointains, les objets situés à l'extrémité de l'horizon, sont reproduits avec plus de netteté qu'ils n'en

présentent à nos yeux, c'est-à-dire contrairement aux effets de la perspective aérienne.

Un autre vice du daguerréotype réside dans son défaut absolu de composition. Le daguerréotype ne compose pas, il donne une copie, un *fac-simile* de la nature; cette copie est admirable d'exactitude jusque dans ses derniers détails, mais c'est précisément là qu'est l'écueil. Une œuvre d'art vit tout entière par la composition. Le travail du peintre consiste surtout à atténuer un grand nombre d'effets secondaires qui nuiraient à l'effet général, et à mettre en relief certaines parties qui doivent dominer l'ensemble. Quand un artiste exécute un portrait, il n'a garde de reproduire avec un soin minutieux tous les plis des vêtements, tous les dessins de la draperie, toutes les enjolivures du fond; il éteint ces détails inutiles pour concentrer l'intérêt sur les traits du visage ; à cette idée capitale il sacrifie toutes les autres, volontairement et en connaissance de cause. Ne demandez au daguerréotype aucun de ces artifices salutaires qui sont l'indispensable condition de l'art. Il est inexorable et presque brutal dans sa vérité. Il accorde une importance égale aux grandes masses et aux imperceptibles accidents. S'il prend une vue du Pont-Neuf, il vous donnera un minutieux inventaire de tout ce qui est visible à la surface du Pont-Neuf, vous pourrez y reconnaître toutes les pierres, tous les pavés et jusqu'aux écornures des pavés. Dans un portrait, il se plaira aux arabesques infinies des draperies et des fonds, il donnera une valeur égale au point lumineux de l'œil et aux boutons d'un gilet. Mais du moment que tout a de l'importance dans un tableau, rien n'a plus d'importance, et c'est ainsi que s'évanouit tout l'intérêt de la composition pittoresque ; car l'intérêt, dans une œuvre d'art, naît seulement de l'unité de la pensée.

Il serait puéril d'insister sur cette considération qui est

l'évidence même. Il faut seulement faire remarquer que ce défaut de composition, qui saute aux yeux dans les dessins du daguerréotype, a pour résultat de donner une représentation fausse de la nature. Lorsque nous recevons l'impression d'une vue quelconque, celle d'un paysage par exemple, tous les détails de la vue extérieure viennent sans doute s'imprimer au fond de notre œil ; cependant il est certain que ces mille sensations particulières ne sont aucunement perçues, elles sont pour notre âme comme si elles n'existaient pas ; nous ressentons, non pas l'impression isolée des divers aspects du paysage, mais seulement l'effet général qui résulte de leur ensemble. Or, le daguerréotype reproduit impitoyablement les plus inutiles détails de la scène extérieure, il est donc vrai qu'il donne une traduction inexacte des sensations que provoque en nous l'aspect de la nature.

Mais j'entends à ce propos se récrier quelques lecteurs : « Eh quoi ! dira-t-on, la copie mathématique d'un objet peut-elle donner de cet objet une représentation inexacte? L'identité est-elle un mensonge ? Je monte sur la terrasse de Meudon un miroir à la main, et arrivé là, je dispose le miroir en face des perspectives séduisantes qui m'environnent. N'ai-je pas ainsi l'image la plus parfaite du paysage qui se déroule à mes pieds ? Quel peintre, quel artiste vivant pourra s'élever jamais à la perfection d'une telle copie ? Or, que fait le daguerréotype ? Il fixe pour toujours cette image fugitive ; de ce miroir fidèle, il en fait un fidèle tableau. Que venez-vous donc nous parler de représentation fausse et d'inexacte reproduction ! »

Cet argument ne nous surprend guère ; cependant il n'est pas sans réplique. Évidemment toute la question se réduit à savoir si l'art réside ou non dans la stricte imitation de la nature. Or, l'erreur si commune et si répandue qui consiste à voir la perfection de la peinture dans la perfection

de l'imitation matérielle, ne peut provenir que d'une confusion manifeste entre le but et le moyen de l'art. Qu'est-ce, en effet; que la nature ? Les réalités extérieures qui nous environnent sont-elles les mêmes pour nous tous ? Ne changent-elles pas pour des individus différents et même pour chaque individu, selon les dispositions de son âme ? Plaçons deux hommes en présence d'un grand spectacle naturel, en face d'un beau site, devant la tête d'un homme de génie : assurément tous les éléments de cette scène viendront identiquement affecter leurs yeux; cependant chacun d'eux les verra d'une manière différente ; bien des effets de cet ensemble échapperont à l'un des spectateurs, que l'autre pourra saisir, et certaines particularités inaperçues de tous deux leur deviendront immédiatement sensibles, si l'on y dirige spécialement leur attention. Admettons maintenant que l'un de ces deux hommes soit peintre : comment pourra-t-il communiquer à son compagnon l'impression que ce spectacle lui fait ressentir ? Par quel moyen pourra-t-il la traduire avec son pinceau ? Certes, s'il se borne à tracer de cette vue un calque mécaniquement exact, une copie mathématique, il n'aura pas gagné grand'-chose, car son compagnon aura toujours sous les yeux ce même spectacle dont il est impuissant à démêler la beauté. Pour exprimer l'impression qu'il a reçue, il faut donc que le peintre exécute une traduction plus compréhensible de l'original, qu'il exagère certains effets, qu'il en atténue, qu'il en supprime d'autres; il faut qu'il transforme pour rendre saisissable, qu'il altère le texte pour le rendre lisible; il faut qu'il mente, en un mot, et ce n'est que par ce salutaire mensonge qu'il entrera dans les vraies conditions de l'art.

J'ai entendu raconter à ce propos une petite histoire qui trouve ici sa place marquée. Il s'agit d'une compagnie de touristes qui, pendant une excursion dans les Alpes, se

trouvent tout d'un coup en face d'un site naturel d'un effet pittoresque. C'est une haute montagne, sur le penchant de laquelle un chalet se détache en silhouette déliée. La compagnie admire tout à son aise et se retire. Un artiste, resté seul, prend à la hâte un croquis de la vue; il présente ensuite son dessin à ses amis. Il n'y a qu'un cri pour trouver l'œuvre détestable, et la copie bien différente de la réalité. La montagne était bien plus haute et le chalet bien plus petit! « Notre montagne était une bonne et grosse montagne dont le sommet semblait atteindre aux nues; notre chalet, une étroite maisonnette à peine visible, aux limites de l'horizon. La montagne que vous nous faites n'est qu'une colline efflanquée, et votre chalet est si grand, qu'il logerait sans peine toutes les vaches de la contrée! » Cependant l'artiste, sûr de son fait, tient bon et maintient l'exactitude de son esquisse. On revient sur ses pas, on mesure les hauteurs, et l'on reconnaît que la copie est mathématiquement fidèle.

L'artiste avait donc raison? Non, l'artiste avait tort, il ignorait comment, devant tous les grands spectacles naturels, notre imagination altère et dénature les sensations primitives. Il était étranger à une règle essentielle de son art; sans cela il eût exagéré la hauteur de la montagne et diminué relativement les dimensions du chalet : ainsi il aurait exactement traduit l'impression qu'avait laissée dans l'imagination des spectateurs le contraste de ce petit chalet et de cette montagne immense (1).

(1) Ce n'est pas sans surprise, et ce n'est pas sans plaisir que nous avons trouvé une confirmation de ce qui précède dans un écrit purement scientifique, dans l'ouvrage d'un géologue, que la nature de ses études et la direction de son esprit ont dû tenir éloigné de tout ce qui se rapporte aux théories et à la pratique des arts. Dans ses *Leçons de géologie pratique* (t. I, p. 116), M. Élie de Beaumont rend, dans les termes suivants, un hommage involontaire à la vérité du principe qui nous occupe :

« Si le géologue n'est pas suffisamment exercé au dessin, il peut faire

Il est donc vrai que l'art n'imite pas, qu'il transforme; que pour traduire la nature, il s'en écarte; que pour copier, il invente; que pour reproduire, il crée. L'identité n'est pas le problème de la peinture, sans cela le trompe-l'œil serait le *nec plus ultra* de la peinture, et les raisins de Zeuxis qui tentaient les abeilles seraient la dernière page de l'art. Le beau visible n'est point le beau que l'artiste poursuit. Ce qui ressemble dans un tableau n'est pas précisément ce qui est semblable au modèle, mais seulement ce qui rappelle à notre âme l'impression que le modèle y a laissée. Si l'on m'offrait de me montrer sur l'heure la tête de Louis XIV vivant, l'offre me toucherait peu. J'ai mon Louis XIV sous la main, il vit dans les galeries du Louvre, il respire sous le pinceau de Mignard. Je préfère contempler le grand roi à travers l'âme d'un peintre de génie qu'à travers le miroir même d'une trop fidèle réalité. Votre Louis XIV pourrait avoir la colique, ou sa grande perruque être mal accommodée; au lieu du vainqueur de la Hollande, je trouverais peut-être l'esclave ridé de madame de Maintenon.

Ainsi, l'imitation n'est que le moyen des arts plastiques;

« exécuter le paysage par un dessinateur. Mais il y a une grande différence entre un dessin dont les points principaux sont déterminés rigoureusement, et un dessin fait simplement à vue. Le dessin exécuté sans le secours d'aucun instrument est ordinairement plus pittoresque que le dessin levé rigoureusement, mais beaucoup moins fidèle. *Quand on voit une montagne, on se la figure toujours plus élevée qu'elle ne l'est : on en dessine une véritable caricature*. Quand on fait un croquis, pour indiquer les angles mesurés, on lui donne une forme géométriquement aussi semblable que possible à celle que l'on a devant les yeux, mais on fait involontairement la hauteur trop grande. Lorsqu'on réduit plus tard ce dessin, on est conduit à lui donner une forme beaucoup plus aplatie. Cela tient à une illusion d'optique qu'on n'est pas maître d'éviter, et qui fait que lorsqu'*un dessin est exécuté rigoureusement, on ne le reconnaît presque pas; il paraît beaucoup trop plat. Lorsqu'on veut faire un dessin que l'on reconnaisse bien, il faut doubler ou tripler les hauteurs données par les mesures.*»

leur but, c'est de rappeler à notre âme les sentiments qu'éveille en nous la vue de la réalité. Dans un tableau, ce qui nous touche, ce qui nous émeut, ce n'est point la reproduction fidèle des objets qui nous entourent, mais bien cet ensemble de confuses pensées mystérieusement attachées à leur forme extérieure, et qui sortent du cœur à leur souvenir comme à la vue de leur image. Le plus grand peintre est celui qui réalise le mieux cette harmonie secrète de nos sensations et de la forme visible.

Avec les moyens les plus simples, un artiste habile émeut profondément nos cœurs; avec un coin de prairie, une chaumière à demi cachée sous de grands arbres, quelques vaches aux alentours d'un ruisseau, Claude Lorrain et Ruysdaël ont le privilége d'agiter doucement, de remuer nos âmes, de nous plonger dans un monde de rêveries enchantées. L'impression provoquée par le pinceau du peintre ne résulte pas de la vérité avec laquelle les objets sont reproduits sur la toile ; elle naît seulement des ressouvenirs et des sentiments poétiques qu'éveille en nous l'heureuse et habile disposition des divers éléments de la scène champêtre. Le toit fumant de la maisonnette nous rappelle les joies tranquilles de la famille et du foyer; le ruisseau qui murmure doucement sous les grands arbres, nous apporte comme un écho affaibli et lointain des harmonies rurales; les fleurs à demi ensevelies sous l'herbe et la rosée de la prairie, nous rendent les parfums oubliés et les senteurs de nos champs; le troupeau qui, à l'horizon, gravit péniblement la colline, nous envoie le grave enseignement du labeur fécond et béni de Dieu; et tous les éléments de cette scène heureuse semblent se rassembler pour nous offrir comme une représentation animée et vivante, où viennent se confondre toutes les harmonies, toutes les délices, toutes les félicités paisibles de la vie des champs.

Mais si, dans les arts, l'imitation, au lieu d'être un but, est seulement un moyen : si les œuvres des grands maîtres vivent par la pensée qu'elles expriment et non par la vérité de la reproduction matérielle ; si le secret de la peinture, c'est de représenter, non l'aspect réel des objets, mais l'impression poétique dont ces objets sont pour nous l'occasion, il faut reconnaître qu'au point de vue des beaux-arts, les images daguerriennes sont d'une bien faible valeur. Obligé par la nature même du procédé dont il fait usage, de rassembler pêle-mêle sur une même plaque, et sans qu'il lui soit permis d'éliminer ou de choisir, tous les objets qu'embrasse le champ de sa lentille, l'opérateur doit forcément renoncer à cet artifice de la composition, qui est la condition nécessaire et l'âme des arts plastiques. Aussi quand il reproduit les scènes changeantes du monde qui nous entoure, le daguerréotype nous donne-t-il des copies admirables, dont la perfection dépasse assurément tout ce que la main de l'homme exécutera jamais ; mais c'est là tout. Le seul sentiment que ces calques merveilleux puissent exciter en nous, est celui d'une curiosité stérile, sentiment qui renaît à chaque exhibition nouvelle, et qui, par conséquent, renaît affaibli. L'admiration qu'ils inspirent parle à nos sens et ne va pas au delà. Ils charment les yeux armés de la loupe, non l'esprit. L'œil est ravi, l'âme est muette. Il est donc permis de dire que pendant cette période où le daguerréotype se borna à fournir des épreuves sur métal, il fut condamné à nous donner des œuvres entièrement privées de ces qualités élevées que l'on recherche dans toute production artistique.

Si à cette époque le daguerréotype put en quelque chose être utile aux beaux-arts, c'est seulement en ce qu'il permit de mettre en évidence les simples vérités qui viennent d'être rappelées. Ces principes sont, en effet, ou contestés par beaucoup d'artistes, ou bien mis par eux

en pratique d'une manière purement intuitive. La découverte du daguerréotype a terminé victorieusement ce débat. Si, en effet, un artiste, un philosophe, dans l'impuissance où il se trouvait de démontrer péremptoirement le principe de spiritualisme artistique qui nous occupe, se fût proposé d'imaginer quelque artifice propre à fournir de cette idée une preuve ou une représentation matérielle, il n'eût certes pas rencontré de moyen plus heureux ni plus décisif que l'instrument de Daguerre. Le problème en effet était celui-ci : Créer un instrument, une machine, un automate capable d'accomplir toutes les opérations manuelles de la peinture, susceptible d'exécuter tout ce que comporte l'imitation absolue de la réalité ; puis, quand cette machine aurait accompli son œuvre, demander aux artistes si c'est à un tel résultat que s'employait leur génie ; demander à la foule si elle peut confondre ces produits mécaniques avec les sublimes créations de l'art. Cet artifice, la science l'a trouvé : le daguerréotype a permis d'opérer dans les œuvres de l'art une analyse qui jusque-là avait paru impossible. Ce qui était intimement uni dans un tableau de Raphaël, si bien qu'on ne pouvait dire où commence la poésie, où finit le procédé, où commence la composition, où l'imitation s'arrête, le voilà nettement séparé. Sur une plaque daguerrienne on trouve réalisés, avec une perfection sans égale, tous les tours de force du dessin, toutes les subtilités du clair-obscur, tout ce que peuvent, en un mot, l'habileté technique et le procédé manuel ; mais la poésie, mais l'inspiration, mais ce divin reflet de l'âme humaine qui prête seul aux créations de l'artiste la vie, le sentiment et la pensée, tout cela manque à ces tableaux. C'est le corps moins l'esprit, c'est l'enveloppe d'une âme absente. Un simple regard jeté sur une plaque daguerrienne suffit donc pour mettre hors de contestation le grand fait esthétique de la prééminence de

la pensée sur l'imitation matérielle, de la poésie sur le procédé. Là aura donc en partie résidé l'utilité artistique de la découverte de Daguerre; elle aura fourni une démonstration aussi complète qu'inattendue de l'un des principes les plus salutaires de la métaphysique des arts.

Nous avons établi avec grand soin, au début de cette discussion, que pour débattre la question controversée de la valeur artistique des produits daguerriens, il est nécessaire de distinguer entre les images sur métal et les images sur papier. Cette distinction, il nous devient utile de la rappeler ici, car nous avouons être saisi en ce moment de la crainte d'être taxé de contradiction, c'est-à-dire d'encourir le reproche de beaucoup le plus sensible pour un esprit qu'anime le culte exclusif du vrai. Comment, en effet, ne pas redouter un reproche de ce genre, lorsque, après avoir avancé que les images photographiques formées sur métal sont dépourvues de valeur artistique, on se propose d'établir cette autre proposition, que les produits de la photographie sur papier se distinguent, au contraire, par un admirable ensemble de qualités plastiques, et sont de nature à exercer une influence très-salutaire sur le progrès des beaux-arts? Cette apparente contradiction ne doit-elle pas nous exposer aux coups de la critique? Nous espérons cependant qu'avant de nous condamner, le lecteur voudra bien peser les motifs qui nous portent à placer les produits de la photographie sur papier à une distance infinie au-dessus des produits de la plaque. Ces raisons sont d'ailleurs presque toutes physiques, et chacun, par l'observation personnelle, peut prononcer sur leur justesse.

N'est-ce pas, en effet, un résultat d'observation, que le dessin sur papier reproduit avec une fidélité extraordinaire les tons de la nature? Comparez entre elles deux épreuves reproduisant le même sujet, l'une obtenue sur

métal et l'autre sur papier : il vous sera facile de constater que sur la plaque daguerrienne les tons du modèle sont en beaucoup de points inexactement rendus, tandis qu'au contraire, le papier a traduit avec une fidélité étonnante les valeurs relatives des tons, les nuances les plus difficiles à saisir de la lumière et des ombres.

Un second avantage qu'offre à l'opérateur le secours du papier pour prêter au dessin des qualités artistiques, c'est la remarquable variété de tons qu'il permet de réunir sur une même épreuve. La plaque est loin d'offrir cette condition précieuse, car c'est à peine si deux ou trois tons viennent y concourir au résultat d'ensemble. Quand on examine une bonne épreuve de photographie sur papier, on est surpris du nombre et de la variété d'effets qui s'y trouvent rassemblés. La pierre d'un édifice, par exemple, sort avec une teinte très-opposée à celle que présente une masse de verdure, et la reproduction d'une même surface, telle que celle d'un mur diversement éclairé, se trouve rendue, en divers points, avec des effets souvent très-éloignés les uns des autres. Rien de pareil ne s'observe sur la plaque de Daguerre; tout s'y trouve indiqué avec une monotonie, une uniformité de tons qui amènent la sécheresse et entraînent la froideur.

Une condition physique particulière, se liant à la nature même du procédé opératoire, explique très-bien par suite de quelle cause les épreuves sur papier doivent l'emporter, au point de vue artistique, sur les épreuves daguerriennes. Quand on opère sur papier, la matière chimiquement impressionnable réside dans la substance même et dans toute la masse du support; il résulte de cette condition que les effets du dessin peuvent recevoir, quand il le faut, une vigueur extrême. Au contraire, l'impression formée sur une plaque daguerrienne n'existe qu'à la superficie du métal, où elle forme une couche d'une ténuité infinie;

aucun effet énergique ne peut ressortir d'une disposition si défavorable. Ces deux conditions opposées que le papier et la lame d'argent offrent à la reproduction plastique, expliquent suffisamment, selon nous, leur supériorité relative. Avec le papier, on peut, comme le fait un dessinateur avec son crayon, renforcer à volonté les tons de certaines parties, et pousser aussi loin que possible les effets de vigueur. Cette faculté fait entièrement défaut avec la surface impénétrable du métal, et telle est la cause de l'absence de modelé que l'on a toujours reconnue dans les images photographiques formées sur métal.

Un dernier avantage propre à la photographie sur papier, c'est que l'artiste y trouve, jusqu'à un certain point, la possibilité de composer son tableau. Ce vice radical que nous avons longuement relevé dans les œuvres du daguerréotype, de ne donner qu'une stricte et sèche imitation de la nature, sans laisser à l'opérateur les moyens d'arranger son sujet, ce défaut si grave qui fait de l'instrument de Daguerre un froid et inintelligent copiste, disparaît avec la photographie sur papier. Rien n'empêche, en effet, l'opérateur de relever isolément, sur plusieurs feuilles de papier, les différentes parties de son modèle qu'il peut ensuite réunir et grouper à sa fantaisie, de manière à faire intervenir cet élément capital de la composition qui manque et manquera toujours aux produits du daguerréotype. Cette faculté offerte à l'artiste de prendre successivement diverses parties de son modèle pour les rassembler plus tard au gré de son inspiration et de son goût, n'est point d'ailleurs une prérogative idéale que nous invoquions ici comme une sorte d'argument théorique en faveur de la photographie sur papier. C'est une pratique consacrée et devenue presque vulgaire. Les grandes vues de monuments historiques, les belles reproductions architecturales que tout le monde a eu l'occasion d'admirer,

sont presque toujours obtenues par cet artifice. On relève isolément, en épreuve négative, les diverses parties du monument ou de la vue à reproduire; on choisit ensuite, parmi ces éléments, ceux qui conviennent le mieux au résultat final, et ces différentes épreuves négatives *rapportées* servent à former, sur le papier positif, l'image définitive d'ensemble. C'est par ce moyen que M. Baldus a obtenu son admirable reproduction des *arènes d'Arles*, qui présente plus d'un mètre de longueur, et MM. Bisson frères leur belle *Vue panoramique du Pont-Neuf* qui a figuré à l'Exposition universelle de 1855.

Les considérations précédentes sont loin d'être les seules que l'on pourrait invoquer pour se rendre compte des qualités artistiques qui distinguent les épreuves sur papier. Elles suffiront néanmoins, nous l'espérons, pour établir auprès de nos lecteurs la vérité de notre thèse. Quant aux personnes qui ne se laissent qu'à moitié convaincre par les raisonnements théoriques, elles partageront sans aucun doute notre opinion, si elles jettent les yeux sur les admirables produits qui, sortis des ateliers de nos artistes, commencent à se répandre dans le commerce. Rien n'est plus intéressant, sous ce rapport, que la collection de vues photographiques prises en Orient par M. Maxime Du Camp, et reproduites par l'imprimerie photographique de M. Blanquart-Évrard. Cent vingt-cinq planches photographiées représentant des sites divers, des vues artistiques, des vestiges de monuments anciens, etc., recueillis par M. Maxime Du Camp, en Syrie, dans la terre sainte et dans la basse Égypte, composent cette belle série, la première de ce genre qui fut publiée en France. La collection, désignée sous le nom de *Paris photographié*, répandue dans le commerce par l'imprimerie de M. de Fonteny, offre beaucoup de parties remarquables. On peut en dire autant de l'*Album photographiqve* de M. Blanquart-Évrard, des

Vues monumentales d'Italie de M. Piot, et des dessins de monuments et d'édifices architecturaux obtenus par M. Martens. Les belles vues de monuments français dues à MM. Bisson frères, la série des principaux monuments historiques de la France, relevée, d'après l'ordre du ministre de l'intérieur, par MM. Blanquart-Évrard, Baldus, Bayard, Mestral et Le Gray, et dont une partie pourra probablement être livrée au commerce; les vues et dessins des champs de bataille, et des principaux sites de la Crimée, relevés pendant la guerre d'Orient, et dont la collection a été publiée en Angleterre; enfin une foule d'autres publications analogues qui ont paru en France depuis peu d'années, justifient encore la haute opinion que l'on doit concevoir de l'état présent des procédés de la photographie sur papier.

On reconnaîtra, en examinant les diverses collections que nous venons d'énumérer, que la photographie sur papier est un art plein de ressources, parce qu'il s'exerce sur une échelle de tons infiniment étendue. Depuis la touche vaporeuse de Diaz jusqu'aux sombres intérieurs de Granet, tous les genres de peinture se trouvent représentés dans ces curieuses galeries; on y reconnaît avec surprise les manières opposées des différentes écoles qui ont tour à tour captivé l'admiration du public. Depuis les molles et vagues teintes du Corrége jusqu'aux effets contrastés et audacieux de Rembrandt, les procédés si divers adoptés par les peintres de toute époque se trouvent ainsi justifiés avec éclat par la nature elle-même. Dans une suite de vues photographiques, on rencontre tour à tour un Metzu et un Decamps, un Titien et un Schœffer, un Ruysdaël et un Corot, un Van Dyck et un Delaroche, un Claude Lorrain et un Marhilat. Ainsi la photographie est venue consacrer les chefs-d'œuvre si opposés dans leur manière, que l'opinion publique avait successivement exaltés, et elle concilie, en les justi-

fiant, nos prédilections respectives pour le style opposé des grands maîtres de l'art.

En exprimant notre admiration pour les productions de la photographie sur papier, il est bien entendu que nous faisons nos réserves contre les résultats d'une pratique vicieuse importée d'Angleterre, qui consiste à retoucher au crayon ou au pinceau les épreuves sur papier. Ce que nous avons dit du coloriage des plaques métalliques, il faut le répéter avec plus d'insistance pour l'enluminure de la photographie sur papier, car ces moyens se trouvent ici mis en pratique avec plus de succès en apparence, et surtout avec une entière bonne foi, par quelques artistes qui ne craignent pas d'y consacrer un talent réel. Ces retouches faites après coup aux images photographiques, sont à la fois une dérogation aux règles de l'art et une atteinte à la perfection des produits. La première des qualités d'une œuvre plastique, c'est l'homogénéité. Deux manières différentes, deux procédés d'une nature opposée, ne peuvent se superposer, se marier dans une œuvre quelconque, sans en détruire l'harmonie. Chaque couleur appliquée sur un épreuve en diminue la valeur, et la détérioration est d'autant plus grave que le pinceau est entre des mains moins habiles. En outre, un premier pas fait dans une mauvaise route amenant forcément à parcourir la voie tout entière, la première rectification d'une épreuve oblige à retoucher, à recomposer, presque de toutes pièces, le dessin primitif. Un trait ajouté faisant tache sur l'ensemble, l'artiste est peu à peu conduit à harmoniser son tableau, non plus avec les tons de l'image photographique, mais avec ceux du crayon ou de la couleur surajoutés. Une anecdote que M. Francis Wey a racontée, à ce propos, dans le journal *la Lumière*, rendra ce raisonnement plus clair.

Le peintre Courbet remontait le Rhin entre Coblentz et Manheim, lorsqu'il fit rencontre, sur le bateau à vapeur,

d'un jeune Prussien qui s'en revenait tout joyeux de rapporter son portrait exécuté en Flandre par le célèbre Van Schaëndel. Ce portrait avait pour fond un rideau de velours bleu. Or, ce rideau bleu de ciel contrariait beaucoup le possesseur du portrait, qui aurait préféré, pour le fond de son tableau, un paysage des bords du Rhin. Il alla conter sa peine à Courbet qu'il avait reconnu.

— Ce rideau me chagrine, lui dit-il; je suis un peu poëte, je préférerais un ciel orageux. D'ailleurs j'ai peu de goût pour les rideaux, et j'en ai beaucoup pour le vin de Johannisberg. Nous passerons dans deux heures devant cet illustre coteau; ne pourriez-vous le croquer au passage pour en faire le fond de mon portrait?

Notre compatriote essaya en vain de résister; il fut contraint d'attendre le coteau de Johannisberg, et d'en fixer, de son pinceau réaliste, les contours azurés sur l'arrière-plan de l'œuvre de Schaëndel. Mais voyez le résultat! Ce beau travail accompli, le portrait se voila d'une teinte funèbre et s'évanouit à demi effacé dans les profondeurs du cadre. L'œil placé vers le fond avait perdu ses lueurs en présence de la peinture violente de Courbet. Le Prussien était consterné : il fallut remettre l'œil en harmonie avec le fond. Mais, ainsi retouché, l'œil prit une saillie énorme; il avait sur l'autre une avance de trois pieds, et chacun de s'écrier : « Le bel œil! »

Effrayé de son œuvre, Courbet refusa de collaborer davantage avec le peintre flamand. Il débarqua à Manheim. Mais le Prussien, qui avait payé son portrait fort cher, ne pouvait se consoler de cet œil si vilainement accommodé. Il se précipita sur les traces du peintre français, le suivit à travers la ville, et l'entraînant dans un hôtel, le força de terminer l'arrangement du tableau. Le pauvre Courbet ne put y parvenir qu'en recouvrant la toile entière sans y laisser subsister le plus léger accessoire. L'ouvrage terminé :

— Voilà qui est parfait, dit le Prussien, ces petites retouches étaient bien nécessaires.

Puis contemplant avec complaisance l'œuvre remaniée :

— Ah ! reprit-il en soupirant, si l'illustre Van Schaëndel pouvait revoir son chef-d'œuvre !

— Hélas ! dit Courbet en s'esquivant, il ne le reconnaîtrait guère !

Ces moyens malencontreux qui avaient défiguré l'œuvre de Van Schaëndel, nous les voyons tristement mis en pratique par les photographes de profession qui tapissent nos boulevards et nos rues d'images maculées par un absurde pinceau. Sous l'annonce menteuse de portraits photographiques, on voit s'étaler toute une série de produits étranges, métis nouveaux et barbares croisés de la photographie et de l'aquarelle, dessins créés par le soleil, refaits par le fusain, silhouettes commencées par l'instrument de Daguerre, terminées par un pointillé au crayon de couleur, et qui, par la roideur et l'affectation de la pose, par le contraste heurté et la fausseté des tons, ne ressemblent à rien, sinon à l'aquarelle peignée d'une jeune demoiselle. Tels sont néanmoins les produits qu'on laisse librement s'étaler aux yeux d'un public dont ils pervertissent le goût. Nous nous sommes quelquefois demandé jusqu'à quel point la surveillance de l'administration ne pourrait s'étendre à ce genre d'exhibitions. Molière se moque du personnage qui demande au roi un inspecteur chargé de la surveillance des inscriptions et des enseignes « qui renversent par une barbare, pernicieuse et détestable orthographe, toute sorte « de sens et de raison, sans aucun égard d'étymologie, ana« logie, énergie, ni allégorie quelconque, au grand scan« dale de la république des lettres et de la nation fran« çaise. » Si Molière avait toute raison de prendre en dérision cette pensée, c'est un point que nous nous dispenserons d'examiner. Nous dirons seulement qu'appliquée à la sur-

veillance des produits photographiques, elle pourrait ne pas sembler absolument ridicule. Le goût public est chose sacrée et qu'il est bon de préserver de toute atteinte. Or, les exhibitions du genre de celles qui nous occupent n'ont pas seulement pour résultat d'altérer le sens artistique des masses, elles donnent encore au public une idée fausse de la nature du procédé photographique. Combien de gens qui s'imaginent que ces enlumînures sont sorties toutes fraîches et toutes brillantes de l'instrument de Daguerre! Et les photographes n'ont-ils pas chaque jour à combattre des préventions enracinées de cette sorte dans l'esprit de bourgeois qui leur demandent leur portrait colorié du premier coup, « comme le fait si joliment monsieur un tel. » Puisque la loi réprime les *tromperies sur la nature de la marchandise vendue*, les industriels qui affichent ces produits frelatés devraient, il nous semble, être tenus de spécifier exactement leur nature pour échapper aux atteintes du Code pénal.

En laissant de côté ces productions regrettables, il faut reconnaître que la photographie sur papier est appelée à exercer une très-heureuse influence sur l'avenir des beaux-arts. Les artistes trouveront nécessairement le texte d'un grand nombre d'enseignements utiles dans l'étude des produits de genre si divers auxquels donne naissance la photographie sur papier, qui tantôt, procédant par masses à la façon d'un grand artiste, sacrifie, avec une merveilleuse intelligence, les détails secondaires au résultat final, tantôt, s'appliquant à la reproduction minutieuse, rappelle, par son incomparable délicatesse, les plus fines pages de Miéris et de Gérard Dow. Le dessinateur y trouvera, pour la reproduction des monuments, des édifices, des paysages et des grands sites artistiques, des leçons précieuses, en ce qu'il lui sera facile de reconnaître au moyen d'une épreuve photographique, prise en quelques

instants, comment les ombres et les lumières de son modèle se traduisent sur une surface plane. Quant à l'exacte reproduction de la figure et du détail anatomique, la photographie sera encore d'un incontestable secours. Un instant suffit pour arrêter sur le papier photographique certains mouvements instantanés du corps humain dont le modèle vivant est inhabile à fournir le type fugitif : les images de ces mouvements, presque insaisissables par les moyens ordinaires, donneront au dessinateur des leçons autrement utiles que celles du modèle vivant ou de l'écorché anatomique. Dans le portrait, ce caractère essentiellement mobile de la physionomie, qui s'évanouit sur les traits de la personne qui pose avec une rapidité désespérante pour l'artiste, cet air particulier, cette attitude, etc., dont l'ensemble heureusement reproduit constitue la ressemblance, peuvent en un clin d'œil être saisis par l'instrument de Daguerre, et rester ensuite sous les yeux du peintre comme un guide assuré dans l'exécution de son travail. Ajoutons enfin qu'une épreuve photographique donne l'aspect *vrai* du modèle ; un tel auxiliaire serait donc d'une haute utilité pour arrêter la main d'un artiste trop disposé à traduire ce qu'il voit d'après un type commun devenu familier à son pinceau. Tous les portraits de Couture et de Müller, tous les paysages de Diaz nous représentent la nature sous un même aspect propre à chacun de ces artistes ; il en saurait en être ainsi avec la photographie prise pour guide ; il n'y aurait plus de *manière* en peinture, il n'y aurait que la vérité.

Si la photographie sur papier peut être utile comme moyen d'étude pour la représentation plastique du modèle vivant, elle peut être encore d'un grand secours pour l'étude des draperies, des vêtements et de tout l'accessoire obligé d'un tableau. Quelles difficultés n'éprouve pas un peintre à saisir les motifs si changeants des vêtements et

des draperies, qui varient de situation, de forme et de rapports selon les mouvements du modèle, et qui, grâce au daguerréotype, peuvent être fixés en un moment dans une conformité absolue avec une pose donnée. Une fois ces draperies, ces accessoires, arrêtés dans leur spontanéité, l'artiste conserve ce type pour en faire un élément exact et rigoureux de la composition de son tableau.

L'utilité de la photographie sur papier dans le travail quotidien des beaux-arts ne saurait donc être méconnue. Quant à son succès auprès du public, quant à son acceptation future, quant au rang qu'elle doit occuper parmi les autres produits des arts, aucun doute ne peut être conservé sur ce point. Pour peu qu'elle offre certaines qualités qu'il est désormais devenu facile de lui prêter, l'épreuve photographique d'un monument, d'un édifice historique, etc., sera toujours préférée à une lithographie qui représente le même sujet avec une infidélité choquante et sans aucun mérite comme objet d'art. Un portrait doux et ressemblant obtenu par la photographie sur papier sera toujours supérieur à ces médiocres portraits à l'huile d'une ressemblance douteuse, auxquels la classe aisée est contrainte de se tenir, faute de pouvoir prétendre aux œuvres élevées d'un grand artiste. On peut donc prédire sans crainte qu'une fois les produits photographiques appréciés à leur juste valeur, toute une catégorie d'œuvres d'art aujourd'hui en faveur ne tardera pas à disparaître. Les dessins, les gravures ou lithographies qui représentent des villes, des églises, des ruines, des statues, des bas-reliefs et des sujets d'architecture, ne pourront entrer en lutte avec l'épreuve photographique, qui leur est mille fois supérieure sous le rapport de la vérité, de la précision et du fini, et qui ne leur cède en rien sous le rapport artistique. Quand on pourra, pour un prix modique, posséder l'image fidèle du paysage préféré, du monument antique dont on a curieu-

sement interrogé les vestiges, de l'édifice auguste dont on a admiré les proportions et l'harmonie, on laissera de côté les mauvaises gravures, les lithographies grossières et tous les produits imparfaits sortis des bas étages de l'art.

Devenues populaires, les œuvres photographiques auront pour effet d'épurer le domaine des beaux-arts, en ce qu'elles rendront l'existence impossible à tout artiste médiocre. Les gens de métier, les hommes qui ne vivent que sur les pratiques du procédé manuel, seront contraints de disparaître ; les hommes supérieurs, ceux dont les travaux s'élèvent au-dessus du niveau des conditions communes, résisteront seuls à la révolution salutaire que nous verrons s'accomplir. En même temps, la comparaison des beaux produits photographiques avec les ouvrages de la peinture et du dessin, d'une part rectifiera le goût du public, et d'autre part forcera les grands artistes à se dépasser eux-mêmes. En effet, la photographie sur papier traduit et représente avec une vérité admirable; pour faire mieux qu'elle, l'artiste devra donner à l'interprétation plus d'importance qu'il ne lui en accorde d'ordinaire. Il faudra que l'individualité de l'artiste, il faudra que l'âme du peintre passent plus profondément et brillent encore plus dans ses œuvres, pour qu'elles l'emportent sur les résultats d'un instrument qui réalise si bien à lui seul certaines de ces qualités. En forçant ainsi le peintre à imprimer davantage son cachet personnel à ses travaux, en l'amenant à placer l'interprétation et la poésie bien au-dessus de l'imitation matérielle, la photographie aura heureusement concouru à l'avancement des beaux-arts, et fourni un exemple aussi noble qu'imprévu de la science offrant à l'art une main secourable pour s'élever avec lui vers ce type de perfection idéale où tend l'humanité et qui part de l'homme pour aboutir à Dieu.

LES POUDRES DE GUERRE

ET

LA POUDRE-COTON

Les contes ridicules qui sont débités chaque jour sur l'origine de la poudre à canon sont un triste et frappant témoignage des préjugés qui remplissent encore l'histoire des sciences, et de l'état imparfait et chétif dans lequel a vécu jusqu'à ce jour cette branche de nos connaissances. Les historiens les plus graves continuent à attribuer à Roger Bacon la découverte de la poudre, et au moine Berthold Schwartz la création de l'artillerie. S'ils veulent cependant témoigner de connaissances plus précises à ce sujet, ils se hâtent d'ajouter que l'artillerie a été mise en usage pour la première fois par les Vénitiens, au siége de Chiozza en 1380, et qu'en France, un seigneur allemand fit à présent à Charles VI de six pièces d'artillerie de fer qui furent employées en 1382 à la bataille de Rosbecque contre les Gantois. Quand ils veulent enfin obtenir un brevet d'érudition spéciale sur la matière, nos écrivains abordent les récits du feu grégeois, et c'est alors qu'arrivent toutes ces belles histoires sur ce terrible feu « qui embrasait avec une horrible explosion des bataillons, des « édifices entiers » (1) ; — « qui dévorait les soldats et

(1) Lebeau, *Histoire du Bas-Empire*, t. XIII, p. 106.

« leurs armes » (1) ; — « que l'eau nourrissait au lieu de « l'éteindre » (2) ; — « que l'on ne pouvait éteindre que « par le sable ou le vinaigre » (3) ; enfin, dont la composition s'est perdue au quatorzième siècle et n'a jamais été retrouvée.

En vérité, on se demande, à la lecture de tant d'assertions erronées, comment on a pu altérer et obscurcir à ce point une question aussi simple. Rien de plus simple, en effet, que la découverte de la poudre à canon ; quelques mots suffisent pour en résumer les faits généraux.

De tout temps, dès l'antiquité la plus haute, le feu a été l'un des moyens d'attaque en usage à la guerre. Les écrivains latins nous ont transmis la description de certains mélanges inflammables qu'on lançait à l'ennemi avec des machines, ou que l'on attachait aux flèches et aux dards. Cette branche de l'art de la guerre fit peu de progrès en Europe, mais il en fut autrement en Asie. Les mélanges incendiaires, déjà employés en Orient avant l'expédition d'Alexandre, reçurent dans ces contrées un développement extraordinaire ; ils devinrent l'arme principale des combats. Au septième siècle, les feux de guerre furent transportés chez les Grecs du Bas-Empire et de là chez les Arabes. On connaît tous les avantages que retirèrent les Grecs, dans leurs guerres maritimes, de ces mélanges combustibles, qui prirent alors le nom de *feu grec* ou de *feu grégeois*. On sait également que, durant la période des croisades, les Arabes d'Afrique reçurent un puissant secours de l'emploi de ces mélanges inflammables qui produisaient sur les chrétiens l'impression de la plus profonde terreur. Le feu grégeois ne fut jamais entre les mains des Grecs et des Arabes qu'un moyen de provoquer

(1) Michaud, *Histoire des croisades*, t. III, p. 223, édit. 1828.
(2) Gibbon, t. X, p. 356, édit. 1828.
(3) Libri, *Rapport du comité historique des sciences* (5 déc. 1838).

ou de propager l'incendie, qu'une manière de multiplier les formes sous lesquelles le feu peut être employé comme agent offensif dans les combats. Mais il finit par se répandre en Europe, et dès lors une révolution complète s'opéra dans ses usages. On apprit dans l'Occident à extraire le salpêtre des terres où il se trouve tout formé, on réussit à le purifier; ajouté aux ingrédients primitifs des mélanges incendiaires, le salpêtre accrut énormément leur puissance combustible. Enfin la propriété explosive de certains mélanges à base de salpêtre fut reconnue; on l'appliqua à l'art de lancer au loin des projectiles, et c'est ainsi que vers la moitié du quatorzième siècle, l'artillerie prit naissance en Europe.

Telle est, résumée en quelques mots, l'origine de la poudre à canon des temps modernes. A cette question : « Quel est l'auteur de la découverte de la poudre ? » — question si souvent posée et en des termes si divers, — on ne peut donc répondre que par cette autre question de Voltaire : « Qui le premier inventa le bateau ? » Personne n'a découvert la poudre, ou pour mieux dire tout le monde l'a découverte. C'est à la suite de perfectionnements successifs lentement apportés à la préparation des mélanges incendiaires, que se sont révélées, entre les mains des hommes, la propriété explosive de ces mélanges et leur force de projection. Ce n'est donc qu'après plusieurs siècles d'expériences et d'efforts que l'on a pu créer cet agent terrible qui, en déplaçant dans les armées le siége de la force, a révolutionné l'art des combats.

En retraçant sommairement l'histoire de l'origine et des premiers emplois de la poudre à canon, nous avons indiqué par cela même le plan de cette Notice. Toutefois il est nécessaire, avant d'aller plus loin, d'établir à quelles sources ont été puisés les faits qui vont nous occuper. En 1845, MM. Reinaud et Favé ont publié sous ce titre : *Du feu grégeois et des*

feux de guerre, un ouvrage d'une excellente érudition, rempli de consciencieuses recherches. L'interprétation des textes arabes et l'étude attentive des auteurs grecs et latins qui ont laissé des ouvrages de pyrotechnie, leur ont permis de jeter un grand jour sur la nature des mélanges incendiaires employés en Orient, et sur l'origine de notre poudre à canon. Antérieurement, M. Ludovic Lalanne, dans un mémoire couronné par l'Académie des inscriptions et belles-lettres, avait su, par une heureuse combinaison de textes originaux, éclaircir l'histoire du feu grégeois, et fournir des renseignements pleins d'intérêt sur les effets de cette composition célèbre. Enfin. M. Lacabane, dans une dissertation sur l'*Introduction en France de la poudre à canon*, publiée en 1844 dans la *Bibliothèque de l'École des chartres*, a mis au jour d'utiles documents sur cette dernière question. Ces travaux remarquables ont fait justice d'erreurs que les siècles avaient consacrées. Malheureusement leur forme un peu aride ou certains défauts d'exposition avaient empêché le public et les savants eux-mêmes de bien apprécier toute leur importance, et nous serons heureux si le résumé que nous en donnons offre assez de précision et de clarté pour dissiper les préjugés nombreux qui continuent de régner sur cette curieuse partie de l'histoire des sciences.

CHAPITRE PREMIER.

Emploi des feux de guerre chez les Orientaux. — Leur introduction en Europe au septième siècle. — Composition du feu grégeois. — Moyens employés par les Grecs du Bas-Empire pour l'emploi du feu grégeois dans les combats maritimes.

La plupart des grandes inventions qui commencèrent, au moyen âge, l'affranchissement moral de l'humanité sont originaires de l'Orient. Écloses sous le ciel de l'Asie, elles y demeurèrent des siècles entiers dans un état d'enfance; mais une fois établies sur le sol de l'Europe, secondées dès lors par l'active imagination et le génie des Occidentaux, elles ne tardèrent pas à s'y perfectionner et à recevoir des applications étendues. Toutes ces créations nouvelles, qui devaient transformer les forces actives de la société, et changer ainsi la destinée des peuples, existaient en germe dans l'orient de l'Asie. La nature, si riche et si féconde sous le beau ciel de ces contrées, offrait spontanément à l'observation de l'homme certains faits qui, pour ainsi dire, apportaient avec eux leurs conséquences visibles. L'esprit des Orientaux les saisit de bonne heure, mais il fut impuissant à rien ajouter à ces données élémentaires. Arrêtées dès leur naissance, ces premières notions sommeillèrent pendant dix siècles. Il fallait les facultés actives des nations européennes pour en retirer tout le parti que l'on devait en attendre. Telle est l'histoire de l'invention de l'imprimerie, de la découverte de la boussole, de la fabrication du papier; telle est aussi l'histoire de ces mélanges incendiaires qui, en usage chez les Orientaux dès les temps les plus reculés, ne reçurent qu'en Europe les modi-

fications et les perfectionnements divers qui devaient donner naissance à la poudre à canon.

Le naphte, l'huile de naphte et quelques autres combustibles de la même nature, sont, en Asie, des produits naturels fort abondants : il est donc tout simple que les Orientaux aient eu la pensée de les employer comme moyens offensifs. Mélangés avec des substances grasses ou résineuses, du goudron, des huiles, et autres corps combustibles, ils servaient à préparer diverses compositions inflammables que les Chinois, les Indiens et les Mongols ont consacrées depuis des temps reculés aux usages de la guerre. Ces mélanges combustibles avaient la propriété d'adhérer aux objets contre lesquels on les projetait, et constituaient ainsi un moyen dangereux d'attaque. Si l'on considère d'ailleurs que la sécheresse et la chaleur du climat de l'Asie rendaient ces agents de guerre plus efficaces et plus désastreux, on comprendra que les compositions de ce genre soient bientôt devenues d'un usage général chez les Chinois, les Indiens et les Mongols.

Cependant on a beaucoup exagéré le degré de perfection auquel les feux de guerre seraient parvenus chez les Chinois. Le père Amyot (1), le savant Abel Rémusat (2), ont voulu établir que tous les emplois actuels de la poudre avaient été connus dans le Céleste Empire, et que dès le onzième siècle on y faisait usage de canons. MM. Reinaud et Favé ont parfaitement prouvé que toutes les connaissances pyrotechniques des Chinois se réduisaient à l'emploi du pétard et de la fusée, dont ils tiraient parti dans les feux d'artifice, et que leurs moyens de guerre se bornaient aux mélanges combustibles. Le père Amyot nous a laissé une

(1) *Mémoires concernant les arts et les sciences des Chinois*, t. VIII, p. 331.

(2) *Relations diplomatiques des princes chrétiens avec les rois de Perse* (*Mémoires de l'Académie des inscriptions*, t. VII, p. 416).

longue description des diverses machines qui servaient, chez les Chinois, à jeter les compositions incendiaires. Les *flèches de feu*, les *nids d'abeille*, le *tonnerre de la terre*, le *feu dévorant*, la *ruche d'abeille*, le *tuyau de feu*, etc., étaient autant d'instruments ou d'engins divers destinés à lancer des flammes contre l'ennemi.

Personne n'ignore, d'un autre côté, que, chez les Indiens, les feux d'artifice étaient connus depuis un temps immémorial et faisaient partie des réjouissances publiques. On a trouvé, dans des contrées très-reculées des Indes, où les Européens n'avaient jamais pénétré, des espèces de fusées volantes que les naturels employaient à la guerre. L'usage, chez les Indiens, de mélanges de ce genre remonte d'ailleurs aux temps les plus reculés. Un commentaire des *Védas*, ou livres sacrés des Hindous, attribue l'invention des armes à feu à un artiste nommé Visvacarma, le Vulcain des Indiens, qui fabriqua, selon les livres sacrés, les traits employés dans la guerre des bons et des mauvais génies. Enfin, le code des Gentoux défend l'usage des armes à feu; or, les lois rassemblées dans cette compilation datent de la plus haute antiquité, et se perdent même dans la nuit des temps.

Ainsi, ces mélanges combustibles, qui plus tard, en se modifiant, devaient donner naissance à notre poudre à canon, sont originaires de l'Asie, bien qu'il soit impossible de citer avec exactitude la date première de leur emploi. Nous allons maintenant les voir pénétrer en Europe.

Ce n'est qu'au septième siècle que les mélanges incendiaires, depuis si longtemps en usage chez les Orientaux, furent introduits en Europe. Callinique, architecte syrien, avait appris à connaître ces substances en Asie. C'est à lui que les Grecs du Bas-Empire durent la connaissance de ces composés, qui furent désignés depuis ce moment sous

le nom de *feu grégeois*, et qui devaient exercer une influence si puissante sur les destinées de l'empire d'Orient.

Callinique se trouvait en Syrie lorsque, en 674, pendant la cinquième année du règne de Constantin Pogonat, les Arabes, sous la conduite du calife Mouraïra, vinrent mettre le siége devant Constantinople. Callinique, passant secrètement dans le parti des Grecs, se rendit dans la capitale de l'empire, et vint faire connaître à Constantin les propriétés et le mode d'emploi des compositions incendiaires dont il se dit l'inventeur. Grâce à ce secours inattendu, l'empereur put repousser l'invasion des Sarrasins, qui, pendant cinq années consécutives, revinrent avec des forces nouvelles et des flottes considérables, mais furent chaque fois contraints de lever le siége.

Depuis le neuvième siècle jusqu'à la prise de Constantinople par les croisés en 1204, les Byzantins durent au feu grégeois de nombreuses victoires navales qui retardèrent la chute de l'empire d'Orient. Aussi les empereurs apportaient-ils la plus sévère attention à réserver pour leurs seuls États la possession de cet agent précieux. Ils ne confiaient sa préparation qu'à un seul ingénieur qui ne devait jamais sortir de Constantinople, et, selon M. Lalanne, cette fabrication était exclusivement réservée à la famille et aux descendants de Callinique.

La préparation du feu grégeois fut mise au rang des secrets d'État par Constantin Porphyrogénète, qui déclara infâme et indigne du nom de chrétien celui qui violerait cet ordre.

« Tu dois par-dessus toutes choses, dit l'empereur à son fils, dans son traité de l'*Administration de l'Empire*, porter tes soins et ton attention sur le feu liquide qui se lance au moyen des tubes ; et si l'on ose te le demander comme on l'a fait souvent à nous-même, tu dois repousser et rejeter cette prière, en répondant que ce feu a été montré et révélé par un ange au grand et

saint premier empereur chrétien Constantin (1). Par ce message et par l'ange lui-même, il lui fut enjoint, selon le témoignage authentique de nos pères et de nos ancêtres, de ne préparer ce feu que pour les seuls chrétiens, dans la seule ville impériale, et jamais ailleurs ; de ne le transmettre et de ne l'enseigner jamais à aucune autre nation, quelle qu'elle fût.

« Alors le grand empereur, pour se précautionner contre ses successeurs, fit graver sur la sainte table de l'Eglise de Dieu des imprécations contre celui qui oserait le communiquer à un peuple étranger. Il prescrivit que le traître fût regardé comme indigne du nom de chrétien, de toute charge et de tout honneur; que s'il avait quelque dignité, il en fût dépouillé. Il déclara anathème dans les siècles des siècles, il déclara infâme, n'importe quel qu'il fût, empereur, patriarche, prince ou sujet, celui qui aurait essayé de violer une telle loi. Il ordonna en outre à tous les hommes ayant la crainte et l'amour de Dieu, de traiter le prévaricateur comme un ennemi public, de le condamner et de le livrer à un supplice vengeur.

« Pourtant une fois il arriva (le crime se glissant toujours partout) que l'un de nos grands, gagné par d'immenses présents, communiqua ce feu à un étranger; mais Dieu ne put supporter de voir un pareil forfait impuni, et un jour que le coupable était près d'entrer dans la sainte église du Sauveur, une flamme descendue du ciel l'enveloppa et le dévora. Tous les esprits furent saisis de terreur, et nul n'osa désormais, quel que fût son rang, projeter un pareil crime, et encore moins le mettre à exécution. »

On observa ces injonctions sévères, et le secret de la préparation du feu grégeois resta fidèlement gardé. Quand les princes d'Occident obtinrent de Constantinople le secours du feu grégeois, au lieu de leur communiquer les recettes de sa préparation, on leur envoyait les navires tout appareillés du produit.

Quelle était la composition du feu grégeois ? Sous quelle forme, par quels artifices particuliers était-il employé à la

(1) Cependant l'empereur se contredit plus loin lorsque, dans un autre passage de son livre, il rapporte à Callinique l'invention du feu grégeois. Il justifie ainsi le jugement de Lebeau, qui appelle ce prince « un grand conteur de fables ».

guerre? Le feu grégeois était simplement formé de la réunion de plusieurs substances grasses ou résineuses d'une combustibilité excessive. Le naphte, le goudron, le soufre, la résine, l'huile, les graisses, les sucs desséchés de certaines plantes, et les métaux réduits en poudre, formaient ses ingrédients ordinaires. Selon des recherches particulières, publiées en 1849, par MM. Reinaud et Favé, dans le *Journal asiatique*, le salpêtre n'entrait point dans la composition du feu grégeois préparé chez les Grecs du Bas-Empire. Ce n'est que plus tard que les Arabes apprirent à retirer ce sel des terres où il se forme naturellement, et qu'ils eurent l'idée de l'ajouter aux matières primitives.

Voici quelques recettes pour la composition du feu grégeois citées par MM. Reinaud et Favé d'après un manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde, qui remonte à l'année 1225, et qui a pour titre : *Traité des ruses des guerres, de la prise des villes et de la défense des défilés, d'après les instructions d'Alexandre, fils de Philippe.*

« *Feu qui brûle sur l'eau.* — Tu prendras de la résine ainsi que de la paille et de la poix noire, et tu les feras cuire ensemble; quand le mélange sera fondu, tu y verseras du naphte blanc; ensuite tu le répandras dans de l'eau quelle qu'elle soit. Si tu veux que la flamme soit bien pure, il faut ajouter du soufre et de la colophane. »

« *Drapeaux qui servent aux amusements.* — Tu peux faire usage d'une lance dans la forme que je t'ai décrite, et de la grandeur que tu voudras. Tu prendras de l'étoupe, à proportion de la grosseur de l'instrument, et tu en envelopperas la base des fers de lance en recouvrant toute la surface. Tu te procureras des morceaux de peau crue, n'importe l'espèce de peau, pourvu que ce ne soit pas une peau de menu bétail; tu découperas cette peau en vue des drapeaux que tu veux faire, et tu la couvriras d'un enduit : suivant un auteur, l'enduit est inutile; ensuite tu y attacheras de l'étoupe. Les morceaux de peau auront des boutonnières, à l'aide desquelles on les fixera au bâton de la canne, sur une étendue de quatre coudées; ensuite tu arroseras le tout

de naphte et tu verseras dessus du soufre, puis tu y mettras le feu, et tu déploieras cet appareil en présence des troupes. Tu feras diverses choses du même genre, selon les indications que j'ai données, s'il plaît à Dieu. »

« *Manière de frapper l'ennemi avec des seringues.* — Prends la partie creuse d'un roseau, que tu couperas empan par empan, disposes-y une garde que tu puisses empoigner.

« Quant au drapeau, à la lance et aux matières dont on les recouvre dans les amusements, tu prendras une longue baguette armée d'une pointe, et cette pointe sera accompagnée de crochets et de quatre..... Ensuite tu prendras de l'étoupe, et tu la disposeras cette surface; tu arroseras sur la surface de naphte, et tu répandras dessus du soufre, puis tu y mettras le feu, et tu pousseras la lance en avant. Si tu frappes l'adversaire, tu le blesseras ou tu le brûleras ; si la pointe n'entre pas, tu atteindras du moins l'adversaire, tu le saisiras avec les crochets, tu l'attireras à toi et tu le feras prisonnier, s'il plaît à Dieu. »

« *Autre recette de préparation du feu grégeois.* — Tu prendras du naphte, la quantité que tu voudras, tu le distilleras, de manière qu'il n'y reste ni dépôt, ni bois, ni impureté, ni rien, en un mot, qui soit dans le cas de boucher le tube et son ouverture ; prends ensuite une marmite de première qualité, et creuse dans la terre un fourneau au-dessus duquel tu placeras la marmite ; tu enduiras la marmite d'argile, de manière qu'une étincelle ne puisse en atteindre le sommet et y mettre le feu ; dispose, sur le foyer, un bouclier qui intercepte la flamme. Tu verseras dans la marmite la quantité que tu voudras de naphte distillé ; tu couvriras la tête de la marmite avec une étoffe grossière. Prends ensuite du galbanum, qui n'est autre chose que de la poix liquide ; pour chaque cent cinquante-cinq rotls (livres) de naphte, tu emploieras huit livres et demie de galbanum, avec quinze livres d'huile de graines ; à défaut d'huile de graines, sers-toi de poix. Fais apporter un grand pot de fer dans lequel tu verseras peu à peu du galbanum et des graines, mets en dissolution le galbanum à l'aide des graines, de sorte qu'il ne reste plus que la partie grossière du galbanum ; s'il te reste un peu d'huile de graines, jette-la sur le galbanum en état de dissolution ; tu verseras le tout sur le naphte dans la marmite; tu couvriras la marmite avec une étoffe grossière, tu allumeras un feu doux en faisant brûler des roseaux un à un, et d'après la quantité dé-

terminée. Ne fais pas beaucoup bouillir le mélange, car tu le consumerais et le gâterais; quand tu verras que la matière s'est amollie, éteins le feu et laisse refroidir; décante ensuite la matière dans des vases, ou, si tu aimes mieux, dans des flacons, et fais-en usage dans le besoin. Quand tu voudras te servir de cette composition, tu prendras du soufre en poudre, que tu placeras sur la tête du vase, au-dessus du naphte; tu le remueras, et tu atteindras ainsi ton ennemi, s'il plaît à Dieu (1). »

Il serait inutile de citer d'autres formules. Les recettes pour la préparation des compositions incendiaires chez les Grecs se résument toujours, comme on le voit, dans un mélange de soufre et de diverses substances de nature grasse ou résineuse, dont les proportions varient de mille manières.

Quel était le mode d'emploi de ces compositions combustibles pour les usages de la guerre? Le feu grégeois fut surtout employé chez les Grecs du Bas-Empire dans la guerre de siéges et les combats maritimes. Dans les siéges, on lançait le feu grégeois avec des balistes, des mangonneaux ou des arbalètes, contre les travaux de défense, les tours de bois, etc., que l'on voulait incendier. Dans les batailles navales, on disposait des brûlots remplis de cette matière enflammée, qui, poussés par un vent favorable, allaient consumer les vaisseaux ennemis. On disposait aussi sur la proue des navires de grands tubes de cuivre ou d'airain, à l'aide desquels on lançait le feu grégeois dans l'intérieur des vaisseaux; en outre, les soldats embarqués à bord des navires étaient armés de *tubes à main* qui servaient au même usage. Quelquefois on renfermait le mélange dans des fioles de verre ou dans des pots de terre vernissée, que l'on jetait contre l'ennemi, après en avoir allumé la mèche. C'est ce que montrent clairement les textes originaux sur lesquels M. Lalanne a

(1) *Journal asiatique*, 1849, n° 16.

appelé l'attention dans son mémoire sur le feu grégeois. Voici quelques passages de ces textes curieux.

L'empereur Léon le Philosophe, qui écrivit vers l'an 900 son livre des *Institutions militaires*, donne en ces termes des détails précis sur l'emploi du feu grégeois dans les combats maritimes :

« Nous tenons, tant des anciens que des modernes, divers expédients pour détruire les vaisseaux ennemis ou nuire aux équipages. Tels sont ces feux préparés dans des tubes, d'où ils partent avec un bruit de tonnerre et une fumée enflammée qui va brûler les vaisseaux sur lesquels on les envoie.....

« ..... Vous mettrez sur le devant de la proue un tube couvert d'airain pour lancer des feux sur les ennemis; au-dessus vous ferez une petite plate-forme de charpente entourée d'un parapet et de madriers. On y placera des soldats pour combattre de là et lancer des traits.

« On élève dans les grandes dromones (1) des châteaux de bois sur le milieu du pont. Les soldats qu'on y met jettent dans les vaisseaux ennemis de grosses pierres, ou des masses de fer pointues, par la chute desquelles ils brisent le navire ou écrasent ceux qui se trouvent dessous, ou bien ils jettent des feux pour les brûler.

« ..... Il faut préparer surtout des vases pleins de matières enflammées, qui, en se brisant par leur chute, doivent mettre le feu au vaisseau. On se servira aussi de petits *tubes à main*, que les soldats portent derrière les boucliers et que nous faisons fabriquer nous-mêmes : ils renferment un feu préparé qu'on lance au visage des ennemis.... On jette aussi avec un mangonneau de la poix liquide et brûlante, ou quelque autre matière préparée.

« ..... Il y a plusieurs autres moyens qui ont été donnés par les anciens, sans compter ceux qu'on peut imaginer et qu'il serait trop long de rapporter ici. Il y en a même tels qu'il est à propos de ne pas divulguer, de peur que les ennemis, venant à les connaître, ne prennent des précautions pour s'en garantir, ou s'en servent eux-mêmes contre nous (2). »

(1) Navires de course.

(2) *Institutions militaires de l'empereur Léon le Philosophe.* Traduction de Joly de Mauzeroy, 1778, t. II, p. 137.

Marcus, auteur grec dont la personnalité est fort incertaine, mais qui, selon MM. Reinaud et Favé, a écrit dans la première moitié du treizième siècle, fait connaître dans son *Livre des feux pour brûler les ennemis* (*Liber ignium ad comburendos hostes*), les moyens employés par les Grecs du Bas-Empire pour incendier les vaisseaux.

« Prenez, dit Marcus, de la sandaraque pure une livre, du sel ammoniac dissous, même quantité ; faites de tout cela une pâte que vous chaufferez dans un vase de terre verni et luté soigneusement. Vous continuerez à chauffer jusqu'à ce que la matière ait acquis la consistance du beurre, ce qu'il est facile de voir en introduisant par l'ouverture du vase une baguette de bois à laquelle la matière s'attache. Après cela vous y ajouterez quatre livres de poix liquide. On évite, à cause du danger, de faire cette préparation dans l'intérieur d'une maison.

« Si l'on veut opérer sur mer, on prendra une outre, une peau de chèvre, dans laquelle on mettra deux livres de la composition que nous venons de décrire, dans le cas où l'ennemi est à proximité; on en mettra davantage si l'ennemi est à une plus grande distance. On attache ensuite cette outre à une broche de fer, dont toute la partie inférieure est elle-même enduite d'une matière huileuse ; enfin on place sous cette outre une planche de bois proportionnée à l'épaisseur de la broche, et l'on y met le feu sur le rivage. L'huile s'allume, découle sur la planche, et l'appareil, marchant sur les eaux, met en combustion tout ce qu'il rencontre (1). »

Ainsi ces brûlots n'avaient pas de mouvement propre, ils devaient être dirigés par des nageurs ou poussés par le vent; la broche qui portait les ingrédients inflammables servait ensuite à fixer, par sa pointe, le feu contre les flancs du vaisseau. Comme le remarquent MM. Reinaud et Favé, cette disposition était fort habilement calculée pour le but qu'elle devait atteindre. Une substance enflammée, suspendue au-dessus de la surface de l'eau, protégée par son

(1) Traduction de M. Hoëfer (*Histoire de la chimie*, t. I, p. 285).

élévation contre l'atteinte des vagues, et qu'un vent léger suffisait à pousser vers les navires, était sans contredit un moyen d'incendie des plus redoutables, surtout quand on en faisait usage pour la première fois et avant que l'ennemi eût appris à se prémunir contre les attaques de ce genre. « Aujourd'hui, disent MM. Reinaud et Favé, on possède des moyens d'incendie qui agissent à de grandes distances, et l'on n'en connaît peut-être pas d'aussi efficaces à des distances rapprochées. »

On voit, par ce qui précède, que chez les Grecs du Bas-Empire, le feu grégeois fut employé surtout dans les combats sur mer et dans les siéges ; dans les combats sur terre, il ne reçut que de rares applications. Mais son usage, dans la guerre maritime, devait avoir reçu des développements bien étendus, puisque, suivant une chronique anonyme citée par M. Lalanne, le nombre des navires armés de feu grégeois s'éleva jusqu'à deux mille, dans une expédition entreprise, sous Romain le jeune, contre les Sarrasins de l'île de Crète. Pour bien comprendre d'ailleurs ses effets, il ne faut pas perdre de vue qu'à cette époque les navires ne pouvaient s'attaquer que de près, et que les combattants en venaient tout de suite à l'abordage.

Cependant le feu grégeois fut employé en quelques occasions dans les combats sur terre ou pour l'attaque des forteresses. Le manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde, cité par MM. Reinaud et Favé, et que nous avons eu déjà l'occasion d'invoquer, fournit les détails suivants sur la manière de faire usage, dans ce cas, des mélanges incendiaires :

« *Chapitre des stratagèmes, et manière d'assurer les effets du feu.* — Prends, avec la faveur de Dieu et son secours, une certaine quantité de soufre jaune pulvérisé, mets-le dans des jarres vertes en y joignant le même poids de naphte bleu; tu boucheras la tête des jarres avec du vieux linge, et tu les enterreras dans du

crottin frais ; change le crottin dès qu'il sera refoidi, et cela pendant quarante jours, jusqu'à la fin de l'opération. Prends de la marcassite jaune pilée, mets-la aussi dans les jarres vertes, et joins-y la même quantité d'urine d'enfant; tu boucheras la tête des jarres avec du vieux linge, tu les enterreras dans du crottin frais, et tu changeras le fumier, quand il se sera refroidi, pendant quarante jours. Prends la marcassite en te couvrant la bouche, comme je t'ai dit de le faire au chapitre de la trempe du fer ; tu retireras ensuite le naphte qui est combiné avec le soufre et qui forme une substance noire tirant sur le vert; pour la marcassite, elle est devenue noire et en partie consumée. Tu décanteras l'urine et le naphte à part l'un de l'autre et en les passant à un tamis de crin ; tu les mêleras ensuite par portions égales, et tu y joindras le même poids d'un vinaigre fait avec un vin acide et vieux. Mets à part cette composition pour le moment où tu en auras besoin, s'il plaît à Dieu.

« Lorsque tu voudras renverser un château, un mur ou toute autre construction, soit de pierre, soit d'une tout autre matière, ordonne aux artificiers de tirer des vases une portion de ce naphte ainsi traité par le soufre, la marcassite, l'urine et le vinaigre de vin ; ils lanceront ce mélange sur l'objet que tu veux détruire. Aie soin de choisir le moment où le vent est tourné contre l'ennemi ; par là les artificiers ne se trouveront pas en face du vent, exposés à se faire mourir eux-mêmes. Après cela, tu feras avancer d'autres hommes avec du feu et du naphte. En effet, le feu du naphte, lorsqu'il a ressenti les exhalaisons de ce liquide, s'enflamme, s'étend, grandit, et produit un grand bruit avec un sifflement terrible. Le spectacle qui s'offrira à tes yeux sera horrible : tu verras le château, s'il est bâti de quartiers de pierre, s'ébranler et se fendre ; les blocs se précipiteront les uns à la suite des autres avec le bruit du tonnerre et un sifflement épouvantable. Si le château est bâti de pierres et de mortier, tu le verras, au bout d'une heure, démoli et consumé ; s'il reste quelque débris qui ne soit pas brûlé, fais approcher les artificiers avec le liquide préparé et du naphte ; le naphte prendra feu, et ce qui est dans l'intérieur sera consumé. Il s'élèvera une fumée noire et épaisse, et l'ennemi périra à la fois par la puanteur et par l'incendie ; il ne se sauvera que ceux qui auront pris la fuite avant de sentir la mauvaise odeur, et avant que le feu les ait atteints. Personne, pendant trois jours, ne pourra pénétrer sur le théâtre de l'incendie, à cause de sa fumée, de son obscurité et de sa puan-

teur. Si tu veux mettre en fuite les défenseurs de ce château, ramasse beaucoup de bois à la porte, et attends qu'il souffle un vent violent contre l'édifice; tu ordonneras aux ouvriers en naphte de lancer du liquide préparé sur le bois ensuite ils attaqueront le bois, avec du feu de naphte. Quand les défenseurs du château sentiront l'odeur de cette eau, ils périront, et il ne se sauvera que ceux qui auront pris la fuite. On ne pourra pas se maintenir un seul instant dans le château à cause de la fumée, de l'obscurité, de l'odeur infecte et de la chaleur. Si la porte du château est de fer et que tu veuilles enforcer l'entrée, fais-y lancer de cette eau, puis tu l'attaqueras avec du feu de naphte; la porte sera brisée, mise en pièces; elle tombera par terre à l'heure même s'il plaît à Dieu. »

CHAPITRE II.

Le feu grégeois introduit chez les Arabes au treizième siècle. — Son emploi durant les croisades. — Ses véritables effets.

Après la prise de Constantinople par les croisés, en 1204, la connaissance du feu grégeois se répandit chez les Arabes. Faut-il penser, avec M. Lalanne, que les infidèles en durent la communication à quelque Grec fugitif, ou peut-être même à l'empereur détrôné Alexis III, qui, retiré en 1210 à la cour du sultan d'Iconium, en obtint une armée contre les princes grecs de Nicée, et aurait pu de cette manière chercher à payer au sultan son hospitalité? Il est, selon nous, plus probable que les Arabes empruntèrent aux Chinois l'art des compositions incendiaires. En effet, au septième siècle, certains rapports avaient commencé de s'établir entre les Arabes et les Chinois, et ce dernier peuple avait envoyé, au premier siècle de l'hégire, une ambassade à la Mecque. Au huitième et

au neuvième siècle de notre ère, les Arabes et les Persans entretenaient avec les Chinois des relations suivies ; ces rapports furent repris au milieu du treizième siècle, après la conquête de la Chine par les Mongols. Ce fut donc sans doute par cette dernière voie que les Sarrasins, qui avaient tant souffert des mélanges incendiaires, apprirent à leur tour à les manier à leur profit. Quoi qu'il en soit, dès les premières années du treizième siècle, nous voyons les Arabes en possession du feu grégeois.

Les mélanges incendiaires subirent à cette époque un perfectionnement des plus importants dans leur composition. C'est de ce moment, en effet, que date l'introduction du salpêtre dans les substances destinées à provoquer et à propager l'incendie.

Le salpêtre est dans plusieurs contrées de l'Asie, mais principalement en Chine, un produit naturel. Il y prend naissance spontanément, aux dépens des éléments de l'air. Formé à la surface du sol, sur les lieux élevés, il est dissous par les eaux pluviales qui l'entraînent le long des pentes, dans le fond des vallées : là il pénètre dans l'intérieur du sol ; plus tard, par l'effet de la capillarité, cette dissolution, remontant peu à peu à la surface, y produit des efflorescences salines. Il suffit de recueillir ces terres pour en retirer le salpêtre par un simple lessivage à l'eau. Cette opération, pratiquée de temps immémorial en Chine, fournit le salpêtre dans un certain état de pureté. Ainsi, dès les temps les plus reculés, les Chinois eurent connaissance de ce sel ; ils observèrent, par conséquent, la propriété dont il jouit de fuser sur les charbons incandescents, c'est-à-dire de les faire brûler avec un très-vif éclat et d'activer la combustion avec une grande énergie. Il est donc tout simple que les Chinois aient eu de bonne heure l'idée d'ajouter le salpêtre à leurs mélanges combustibles.

Il est impossible, selon MM. Reinaud et Favé, de fixer avec exactitude l'époque à laquelle les Arabes empruntèrent aux Chinois la connaissance et l'emploi du salpêtre, celle où les Chinois eux-mêmes avaient appris à s'en servir. Il est seulement établi qu'avant l'année 1225, date du manuscrit arabe de la bibliothèque de Leyde que nous avons cité plus haut, les compositions salpêtrées n'étaient pas encore en usage. Mais tous les manuscrits arabes postérieurs à cette date renferment la description d'un grand nombre de recettes dans lesquelles le salpêtre entre comme agent essentiel. D'après les formules contenues dans ces traités, le feu grégeois employé chez les Sarrasins était formé de la réunion de diverses substances grasses ou résineuses, auxquelles venaient s'ajouter le salpêtre et le soufre. D'autres recettes prescrivent un mélange de soufre, de charbon et de salpêtre dans toutes les proportions imaginables. On trouve même indiqué parmi ces dernières le mélange de 12 ½ de charbon, 12 ½ de soufre et 75 de salpêtre qui forme notre poudre à canon.

Marcus donne les formules suivantes pour préparer les feux qu'il appelle *feux volants* (1) :

« Huile de pétrole, une livre ; moelle de *couna ferula*, six livres ; soufre, une livre ; graisse de bélier, une livre ; huile de térébenthine, quantité indéterminée.

« Les feux volants, dit encore Marcus, peuvent être faits de deux manières :

« 1° On prend une partie de colophane, autant de soufre, et deux parties de salpêtre ; on dissout ce mélange pulvérisé dans l'huile de lin ou de lamium ; on place ensuite cette composition

(1) Les *feux volants* dont parle Marcus étaient des espèces de fusées très-analogues aux nôtres. On n'en faisait point usage comme arme de guerre ; on s'en servait seulement dans les feux d'artifice. On verra plus loin cependant que c'est par l'observation de leurs effets que l'on a été conduit plus tard à imaginer les premières armes à feu destinées à lancer des projectiles.

dans un roseau ou dans un bâton creux, et l'on y met le feu. Aussitôt il s'envole vers le but et incendie tout.

« 2° On prend une livre de soufre pur, deux livres de charbon de vigne ou de saule, six livres de salpêtre ; on broie ces substances avec beaucoup de soin dans un mortier de marbre. On met ensuite la quantité que l'on voudra de cette poudre dans un fourneau destiné à voler dans l'air ou à éclater. »

Les Grecs du Bas-Empire avaient surtout appliqué le feu grégeois à la guerre maritime ; les Sarrasins n'en firent guère usage que dans les combats sur terre. Mais ils perfectionnèrent beaucoup ce genre d'application, et ce n'est pas sans étonnement qu'on lit dans l'ouvrage de MM. Reinaud et Favé la longue énumération des instruments, des machines, des engins de toutes sortes qui constituaient l'arsenal du feu grégeois. Chez les Arabes, les mélanges incendiaires étaient devenus l'un des principaux moyens d'attaque; on avait étendu leur emploi à toutes les armes, à tous les instruments de guerre. Les Sarrasins attachaient le feu grégeois à leurs lances, à leurs boucliers; ils le lançaient avec des flèches et avec des machines. Le nombre de ces machines était d'ailleurs très-considérable et leur mécanisme très-varié. On employait les *arbalètes à tour*, qui lançaient à l'ennemi le mélange enflammé; les *machines à fronde*, destinées à jeter divers projectiles remplis de feu grégeois, tels que des pots de terre, des marmites de fer et même des tonneaux. Il y avait encore les *lances à feu* et les *flèches à feu*, dont les formes et les dispositions variaient beaucoup ; les *massues à asperger*, espèces de torches armées à leur pointe de feu grégeois brûlant, dont on couvrait son ennemi en brisant sur lui la massue : on employait encore des *tubes à main*, qui lançaient en avant un jet de matières enflammées à la manière des fusées. En un mot, selon MM. Reinaud et Favé, « chez les Arabes, le feu considéré comme moyen de blesser directe-

ment sonennemi, était devenu l'agent principal d'attaque, et l'on s'en servait peut-être de cent manières différentes (1). »

Un autre moyen qu'ont employé les Arabes pour jeter le désordre et la terreur dans les armées, consistait à lancer contre les bataillons ennemis des cavaliers montés sur des chevaux enveloppés de flammes. Nous rapporterons ici un passage de l'ouvrage de MM. Reinaud et Favé qui explique les moyens employés chez les Orientaux pour ce genre d'attaque.

« L'invasion des Tartares donna lieu, disent MM. Reinaud et Favé, chez les musulmans de l'Égypte et de la Syrie, à l'emploi d'un autre moyen qui joua un rôle important, et dont les traités arabes d'art militaire parlent assez au long. On sait que, dès la plus haute antiquité, les Indiens firent usage de substances ou de compositions incendiaires pour faire peur aux éléphants, qui composaient jadis dans l'Inde une partie principale des armées. Ces animaux effrayés répandaient le désordre autour d'eux, et quelquefois il n'en fallait pas davantage pour décider du sort d'une grande bataille. Ce moyen était si bien connu, que lorsque, après les conquêtes d'Alexandre les éléphants figurèrent dans les armées occidentales, on l'employa chez les Romains. Les musulmans d'Égypte et de Syrie, vivement pressés par les armées de Houlagou, eurent recours à des moyens analogues pour effrayer les chevaux de l'armée ennemie, et même pour brûler les cavaliers. Des artificiers armés de massues à asperger étaient chargés de répandre la terreur et le trouble par le bruit qu'occasionnait la combustion, et par la menace de répandre une matière brûlante sur le cheval et le cavalier ; quelquefois les guerriers portaient sous l'aisselle des flacons de verre remplis de matières incendiaires qu'on lançait sur l'ennemi. Le bout du verre était enduit de soufre. Au moment voulu, on mettait le feu au soufre ; le flacon, en tombant, se brisait, et le cheval avec son cavalier étaient enveloppés de flammes. En même temps on imagina des vêtements imperméables pour garantir les chevaux consacrés à ce service.

(1) *Du feu grégeois et des feux de guerre*, p. 51.

« On lit le passage suivant dans le manuscrit arabe de Saint-Pétersbourg :

« *Manière d'effrayer la cavalerie ennemie et de la faire fuir.* — « Ce procédé est de l'invention d'Alexandre. Tu revêtiras un bor- « nous de poil, et tu y disposeras des clochettes avec du naphte. « Voici comment. Tu prendras un cordon auquel tu attacheras « des boutons faits d'étoupe ; ce bornous sera imbibé d'huile « grasse depuis la tête jusqu'en bas. Au-dessus de la tête, tu « placeras un bonnet de fer garni d'un khesmanat de feutre rouge, « que tu arroseras de naphte. Tu prendras à la main une massue « à asperger, remplie de colophane en poudre, de sésame, de « carthame, de touz et de diverses espèces de graines à huile. Au « feutre rouge arrosé de naphte et placé sur la tête, on ajoutera « des fusées... Le cheval sera revêtu d'une manière analogue : « une couverture de poil lui enveloppera la croupe, le poitrail, le « cou et le reste du corps jusqu'au jarret. Il sera aussi chargé de « fusées..... Tu prendras une lance garnie des deux côtés de « feutre rouge et de plusieurs fusées. L'étrier sera garni de quel- « que chose propre à produire un cliquetis, ou de grosses son- « nettes. Le cavalier, en s'avançant, mettra le tout en mouve- « ment. Tu marcheras, accompagné de deux hommes à pied, « vêtus de noir, et portant des masses à asperger, telles qu'elles « ont été décrites. Partout où tu te présenteras, l'ennemi pren- « dra la fuite. Dix cavaliers ainsi équipés feraient fuir une troupe « nombreuse. »

MM. Reynaud et Favé donnent, d'après le même manuscrit, d'autres détails sur ce procédé de guerre.

« *Manière de couvrir le cheval et le cavalier.* — On prend du « feutre et l'on y applique une préparation protectrice ; puis ce « feutre sert de doublure (ou de revêtement extérieur) à la che- « mise (ou cotte) et aux couvertures (ou caparaçons). Cette pré- « paration se compose de vinaigre de vin, d'argile rouge, de talk « dissous, de colle de poisson et de sandaraque. On a soin de bien « mouiller la chemise, qui est de gros drap, avant d'y fixer les « sonnettes ; on mouille aussi la doublure qui est appliquée sur le « drap : cette doublure n'est pas autre chose que le feutre qui a « reçu la préparation protectrice. Ce procédé est très-propre à « effrayer l'ennemi, surtout lorsqu'il est employé pendant la nuit, « car il donne une apparence formidable au groupe qui est ainsi

« revêtu ; en effet, l'ennemi ne se doute pas de ce qui est caché « sous ce déguisement qui offre, pour ainsi dire, un objet d'une « seule pièce. C'est une ressource précieuse pour quiconque veut « recourir à ce stratagème. Mais, d'abord, il est indispensable de « familiariser son cheval avec un équipement si étrange; autre- « ment, le cheval s'effaroucherait et renverserait son cavalier. « Voici le moyen qu'on emploie: On bouche les oreilles du cheval « avec du coton, on tient prêtes les fusées... avec les sonnettes, « les massues et les lances : on fait détoner un petit madfaa sur le « cheval, on fait fuser les fusées...; ensuite on débouche les « oreilles du cheval, l'une après l'autre. Cet essai se fait dans un « lieu isolé, pour qu'on ne soit vu de personne. Même quand l'essai « est terminé, on ne revêtira les chevaux du caparaçon que dans « un lieu à part, et loin de tout regard. Étant ainsi habitués, si « l'on veut s'avancer au combat, les chevaux savent où on les « mène, et s'animent à l'attaque. S'ils sont poussés contre un corps « d'armée, quel qu'il soit, ils le rompent. Mais il faut que, devant « chaque cavalier, un homme marche à pied muni d'une massue « à asperger. Ce fut le moyen le plus efficace qu'on employa pour « repousser Houlagou. Les rois doivent entretenir dans leurs « arsenaux ce qui est nécessaire pour en assurer l'effet, surtout « contre les ennemis de la religion; si quelques-uns ont négligé ce « moyen, c'est qu'ils n'en ont pas connu la puissance. Quand le « cavalier s'avance vers l'ennemi, les troupes doivent marcher « derrière lui : c'est une raison pour qu'il évite de revenir sur « ses pas; autrement le désordre se mettrait dans les rangs, et « il s'ensuivrait une défaite. Qu'il marche sans crainte; personne « n'osera s'opposer à lui, ni avec l'épée, ni avec la lance. »

« Il est dit, à la fin du passage, ajoutent MM. Reinaud et Favé, que lorsque l'artificier s'avance vers l'ennemi, toute l'armée doit se mettre en mouvement après lui. C'était pour profiter du désordre qui ne tardait pas à se mettre dans les troupes ennemies. Une autre chose que l'auteur arabe ne dit pas, et à laquelle il fallait veiller, c'est que les matières incendiaires qui devaient jeter la terreur chez l'ennemi devaient être assez bien ménagées pour qu'on eût le temps de produire l'effet voulu avant qu'elles fussent consumées. Pour cela on mesurait la distance que l'artificier avait à franchir; et si l'on avait des raisons de croire que l'ennemi épargnerait une partie du chemin, on tenait compte de la différence. En pareil cas, la tactique de l'ennemi consistait à déjouer les calculs. En conséquence, il fallait que le général

qui machinait cette espèce de surprise mît le plus grand mystère dans l'opération. C'est ce que fait entendre l'écrivain arabe, quand il dit que, même après que les chevaux étaient suffisamment dressés, on ne devait les revêtir du caparaçon chargé d'artifice que dans un lieu dérobé à tous les regards.

« Voici un exemple sensible de ce qui se pratiquait à cet égard. On était alors dans l'année 699 de l'hégire (1300 de J.-C.). L'armée du sultan d'Égypte en vint aux mains, aux environs d'Émèse en Syrie, avec l'armée de Gazan, khan des Mongols de Perse. Suivant l'historien arabe Makrizi, au moment où l'action allait commencer, Gazan ordonna à ses troupes de rester immobiles, et de ne bouger que lorsqu'il en donnerait le signal. Tout à coup cinq cents mamelouks égyptiens, choisis parmi les artificiers, sortent des rangs de l'armée, leur naphte allumé, et s'élancent de toute la vitesse de leurs chevaux ; mais, au bout d'un certain temps, comme les Mongols étaient restés à leur place, le naphte s'éteint, et les artificiers voient leurs espérances déçues. C'est alors que Gazan commande la charge (1). »

Ce ne fut point contre leurs voisins que les Arabes firent surtout usage du feu grégeois. L'art des feux de guerre avait depuis trop longtemps pris racine dans l'Asie pour que les Orientaux n'eussent point appris de bonne heure à se préserver de leur atteinte. Le feu grégeois fut principalement dirigé contre les chrétiens, dont les croisades amenaient les incessantes irruptions sur le sol des infidèles. On connaît, par les récits des historiens de ces guerres, l'épouvante que ces moyens de combat semaient dans les rangs des croisés. Il est d'ailleurs facile de comprendre la surprise et la terreur que devaient éprouver les Occidentaux, habitués aux luttes loyales de leur pays, où le fer n'avait que le fer à combattre, lorsque tout d'un coup ils se trouvaient en face d'une attaque si étrange et si imprévue. Quel que soit le courage du soldat, il n'aime pas à braver les périls dont il ne connaît point la nature ; les dangers qui s'environnent d'un caractère surnaturel ou

(1) *Du feu grégeois* (*Journal asiatique*, 1849, n° 16).

mystérieux glacent les plus intrépides cœurs. Or, l'emploi de ces feux à la guerre avait quelque chose de magique en apparence, qui devait très-vivement agir sur l'imagination des Européens. Qu'on se représente un chevalier chrétien enfermé dans son étroite armure, et qui tout à coup voit arriver sur lui, au galop de son cheval, un musulman armé du feu grégeois. Avec la *lance à feu*, le Sarrasin dirige la flamme ardente contre le visage de son ennemi ; avec la *massue à asperger*, il couvre sa cuirasse du mélange enflammé, et le guerrier, tremblant, éperdu à cette apparition magique, se croit, avec horreur, à demi consumé sous son armure brûlante.

Joinville, dans sa précieuse chronique, nous a laissé de curieux témoignages de l'impression produite par les feux des Sarrasins sur l'armée de saint Louis, qui vint porter la guerre aux bords du Nil en 1248. On nous permettra de reproduire une partie du récit de ce chroniqueur naïf, historien et acteur de ces guerres lointaines.

« Ung soir advint, dit Joinville, que les Turcs amenerent ung engin qu'ilz appeloient la perriere, ung terrible engin à malfaire : et le misdrent vis à vis des chaz chateilz (1) que messire Gaultier de Curel et moy guettions de nuyt, par lequel engin ilz nous gettoient le feu grégeois à planté, qui estoit la plus orrible chose que oncques jamés je veisse. Quand le bon chevalier messire Gaultier mon compagnon vit ce feu, il s'escrie et nous dist : Seigneur, nous sommes perduz à jamais sans nul remede. Car s'ilz bruslent nos chaz chateilz, nous sommes ars et bruslez ; et si nous laissons nos gardes, nous sommes ashontez. Pourquoy je conclu que nul n'est qui de ce peril nous peust deffendre, si ce

(1) Les *chaz chateilz* dont parle Joinville étaient probablement des tours de bois dans lesquelles se renfermaient durant la nuit les soldats qui devaient défendre les travaux commencés. Les Français travaillaient à se frayer un passage sur une des branches orientales du Nil. Ils avaient construit une digue pour traverser le fleuve ; à droite et à gauche de cette digue ils avaient placé ces *chaz chateilz* que les musulmans s'efforçaient d'incendier pendant la nuit pour empêcher le passage de l'armée ennemie.

n'est Dieu notre benoist créateur. Si vous conseille à tous, que toutes et quantes foiz qu'ilz nous getteront le feu grégeois, que chacun de nous se gette sur les coudes, et à genoulz, et criions mercy à nostre Seigneur, en qui est toute puissance. Et tantoust que les Turcs getterent le premier coup du feu, nous nous mismes à coudez et à genoulz, ainsi que le preudoms nous avoit enseigné. Et cheut le feu de cette premiere foiz entre nos deux chaz chateilz, en une place qui estoit devant, laquelle avoient faite nos gens pour estoupper le fleuve. Et incontinent fut estaint le feu par ung homme que nous avions propre à ce faire. La manière du feu grégeois estoit telle, qu'il venoit bien devant aussi gros que ung tonneau, et de longueur la queüe en duroit bien comme d'une demye canne de quatre pans. Il faisoit tel bruit à venir, qu'il sembloit que ce fust fouldre qui cheust du ciel, et me sembloit d'un grant dragon vollant par l'air, et gettoit si grant clarté, qu'il faisoit aussi cler dedans notre ost comme le jour, tant y avoit grant flamme de feu. Trois foys cette nuytée nous getterent le dit feu grégeois avec ladite perriere et quatre foys avec l'arbaleste à tour. Et toutes les foys que nostre bon Roy saint Loys oyoit qu'ilz nous gettoient ce feu, il se gettoit à terre, et tendoit ses mains la face levée au ciel et crioit à haute voix à nostre Seigneur et disoit en pleurant à grans larmes : *Beau sire Dieu Jésus-Christ*, garde moy et toute ma gent; et croy moy que ses bonnes prières et oraisons nous eurent bon mestier. Et davantage, à chacune foiz que le feu nous estoit cheux devant, il nous envoyoit ung de ses chambellans, pour savoir en quel point nous estions, et si le feu nous avoit grevez. L'une des foiz que les Turcs getterent le feu, il cheut de cousté le chaz chateil que les gens de monseigneur de Corcenay gardoient, et ferit en la rive du fleuve qui estoit là devant, et s'en venoit droit à eulz, tout ardant. Et tantoust veez cy venir courant vers moy ung chevalier de celle compagnie qui s'en venoit criant : Aidez nous, sire, ou nous sommes tous ars. Car veez cy comme un grant haie de feu grégeois, que les Sarrazins nous ont traict, qui vient droit à nostre chastel. Tantoust courismes là, dont besoing leur fut. Car ainsi que disoit le chevalier, ainsi estoit il et estaignismes le feu à grant ahan et malaise. Car de l'autre part les Sarrazins nous tiroient à travers le fleuve trect et pilotz dont nous estions tous plains (1). »

(1) Joinville, *Histoire du roy saint Loys*, 1668, p. 39.

Le feu grégeois, dont il est question dans ce curieux passage, était lancé par différentes machines, telles que les *arbalètes à tour*, les *flèches à mangonneau*, etc., dont MM. Reinaud et Favé ont restitué avec beaucoup de bonheur les descriptions et les figures. Joinville parle plus loin du feu grégeois lancé directement à la main par des soldats ou des vilains.

« Devant nous avoit deux heraulz du Roy, dont l'un avoit nom Guillaume de Bron, et l'autre Jehan de Gaymaches, auxquels les Turcs qui estoient entre le ru et le fleuve, comme j'ay dit, amenerent tout plain de villains à pié, gens du païs, qui leur gettoient bonnes mottes de terre, et de grosses pierres à tour de braz. Et au darnier ils amenerent ung autre villain Turc, qui leur gecta trois foïz le feu grégeois, et à l'une des foiz il print à la robe de Guillaume de Bron et l'estaignit tantost, dont besoing lui fut. Car s'ils se fust allumé, il fust tout bruslé.

«..... Vous diray tout premier de la bataille du conte d'Anjou, qui fust le premier assailly, parce qu'il leur estoit le plus prouche du cousté de devers Babilone. Et vindrent à lui en façon de jeu d'eschetz. Car leurs gens à pié venoient courant sus à leurs gens, et les brusloient du feu gregeois, qu'ilz gectoient avecques instruments qu'ilz avoient propices... tellement qu'ilz deconfirent la bataille du conte d'Anjou lequel estoit à pié entre ses chevaliers à moult grant malaise. Et quant la nouvelle en vint au Roy, et qu'on lui eut dit le meschief ou estoit son frère, le bon Roy n'eut en lui aucune temperance de soy arrester, ne d'attendre nully ; mais soudain ferit des esperons, et se boute parmi la bataille l'espée au poing, jusques au meilleu ou estoit son frere, et tres asprement frappoit sur ces Turcs, et au lieu où il veoit le plus de presse. Et là endura-t-il maints coups, et lui emplirent les Sarrazins la cullière de son cheval de feu gregeois... De l'autre bataille estoit maître et capitaine le preudoms et hardy messire Guy Malvoisin, lequel fut fort blécié en son corps. Et voiant les Sarrazins la grant conduite et hardiesse qu'il avoit et donnoit en sa bataille, ilz lui tiroient le feu gregeois sans fin, tellement que une foiz fut, que a grant peine le lui peurent estaindre ses gens ; mais nonobstant ce, tint-il fort et ferme, sans estre vaincu des Sarrazins (1). »

(1) Plusieurs autres historiens ont parlé avec détail de ces projectiles

Comme tous les chrétiens, dont il partagea les périls, Joinville avait conçu une grande épouvante des effets du feu grégeois, et cette impression est clairement reconnaissable dans l'exagération de ses récits. Il faut bien le reconnaître, en effet, le feu grégeois, qui avait exercé de grands ravages dans l'origine, et quand on l'employait à incendier des navires ou à détruire les travaux de défense des cités, était peu redoutable dans les combats corps à corps. Ce n'était, à vrai dire, qu'une sorte d'épouvantail. Éminemment propre à incendier des barques, de petits bâtiments, des tours de bois, des palissades, objets très-combustibles, il était moins redoutable pour les hommes que le fer des lances ou l'acier des épées. Dans toutes les chroniques qui parlent du feu grégeois pendant les croisades, il n'est pas dit une seule fois, selon M. Lalanne, qu'on doive lui attribuer la mort d'un homme. Comme on le voit dans les récits de Joinville, Guillaume de Bron en reçoit un pot sur son bouclier, saint Louis en a *la cullière de son cheval toute remplie*, Guy Malvoisin en est tout couvert, sans qu'il en résulte pour eux aucun accident sérieux. On voit, d'après cela, dans quelles erreurs sont tombés les historiens, qui, d'après les récits de Joinville, ont si démesurément grossi les effets du feu grégeois ; et combien il y avait loin de ces projectiles qui, « *lancés à la face de l'ennemi et leur brûlant* « *la barbe, leur faisaient prendre la fuite* (1), » à ce feu qui, selon Lebeau, « *dévorait des bataillons entiers.* »

M. Lalanne fait remarquer avec raison que si le feu grégeois eût été aussi puissant dans ses effets que l'ont dit les écrivains modernes, il aurait indubitablement opéré une

incendiaires dont les Arabes tirèrent un si grand parti dans toute la durée des croisades; mais nous avons cru pouvoir nous en tenir aux récits de Joinville, dont la fidélité comme chroniqueur est si bien établie.

(1) Anne Comnène, *Alexiade*, liv. XIII, p. 283.

révolution dans l'art de la guerre. Or il n'en est rien, et tous les ouvrages originaux de cette époque montrent que le feu grégeois était loin d'avoir fait abandonner les projectiles, même les plus grossiers, en usage de toute antiquité. Ainsi l'empereur Léon ordonne de lancer sur les navires ennemis, de la poix enflammée, des serpents, des scorpions et autres bêtes venimeuses, « et des pots pleins « de chaux vive, qui, en se brisant, répandent une épaisse « fumée dont la vapeur suffoque et enveloppe d'obscurité « les ennemis. »

C'est ici le lieu de relever une autre erreur accréditée par tous les historiens ; nous voulons parler de la prétendue *inextinguibilité* du feu grégeois. Au dire de tous nos auteurs, l'eau était impuissante à éteindre l'incendie allumé par ce feu : le vinaigre, le sable ou l'urine pouvaient seuls arrêter ses ravages. Ce préjugé existait, en effet, chez les chrétiens, mais il n'était que le résultat de la terreur qu'inspiraient les mélanges incendiaires. Les écrivains de l'époque ne font nulle part mention de ce fait, et l'examen le moins attentif des textes originaux aurait suffi pour le réduire à sa juste valeur. Il y avait dans l'armée des croisés des *estaigneurs*, pour éteindre l'incendie allumé par les feux des Arabes ; c'est ce qu'indique Joinville dans ce passage : « *fut estaint le feu par ung homme que nous avions pro-* « *pre à ce faire.* » Joinville dit, en parlant de Guy Malvoisin : « *une fois fut que à grand'peine le lui purent éteindre ses* « *gens.* » Il ajoute ailleurs que le feu grégeois ne leur fit aucun mal, parce qu'il tomba dans le fleuve. Mais un autre texte tranche la question d'une manière bien plus concluante encore. Cinname, parlant d'une chasse donnée par des Grecs à un navire vénitien, s'exprime en ces termes :

« Les Grecs le poursuivirent jusqu'à Abydos et s'efforcerent de le brusler en lançant le feu mède ; mais les Vénitiens, accoutumés à leur usage, naviguerent en toute sécurité, ayant recouvert

et entouré leur navire d'étoffes de laine imbibées de vinaigre. Aussi les Grecs s'en retournerent ilz sans avoir pu rien faire ni atteindre leur but ; car le feu lancé de trop loin, ou ne parvenoit pas jusqu'au bastiment, ou, atteignant les estoffes, estoit repoussé, et *s'esteignoit en tombant dans l'eau* (1). »

Ces textes, empruntés au mémoire de M. Lalanne, prouvent que le feu grégeois n'était nullement, comme on l'a toujours prétendu, à l'abri des atteintes de l'eau. On a vu d'ailleurs, à propos des brûlots employés chez les Byzantins, que le feu grégeois destiné à incendier les navires n'était préservé de l'action de l'eau que par l'artifice de l'appareil qui le tenait suspendu à la surface de la mer et hors de l'atteinte des vagues.

Il ne faudrait pas cependant conclure de cette observation que, dans certaines limites, le feu grégeois ne pût résister à l'action de l'eau. La présence du salpêtre, qui fournissait au mélange incendiaire assez d'oxygène pour que sa combustion pût se passer de l'oxygène atmosphérique, pouvait lui permettre de brûler pendant quelque temps hors du contact de l'air. Plusieurs de nos pièces d'artifice de guerre peuvent, de la même manière, brûler quelque temps sous l'eau, et tous nos canonniers savent qu'ils ne peuvent empêcher leur *lance à feu* de brûler autrement qu'en la coupant. Si, pour l'éteindre, ils mettaient le pied sur la partie qui flambe, ils brûleraient leur soulier sans y parvenir. Mais il y a loin de cet effet momentané à tout ce qu'ont écrit les historiens sur ce feu « *que l'eau nourrissait au lieu de l'éteindre.* »

(1) Cinnamus, p. 129.

CHAPITRE III

Naissance de la poudre à canon au quatorzième siècle. — Ses premiers usages. — Invention des bouches à feu. — Les canons employés pour la première fois à Florence en 1325. — Leur usage répandu chez les différentes nations de l'Europe. — Berthold Schwartz perfectionne la fabrication des bouches à feu. — Derniers progrès de l'artillerie.

Nous arrivons à l'époque où les compositions incendiaires des Arabes subissent la transformation qui doit produire la poudre à canon des temps modernes. Ce n'est qu'au quatorzième siècle que fut observée d'une manière positive la force de projection des poudres salpêtrées. Les Arabes avaient appris des Chinois à mélanger le salpêtre avec le charbon et le soufre. Cependant cette espèce de poudre ne pouvait produire encore tous les effets de l'explosion ; elle fusait, mais ne détonait pas. Aussi ne l'employait-on que pour rendre plus vive la combustion des mélanges incendiaires, ou tout au plus pour servir d'amorce. Le salpêtre préparé par les Arabes était en effet assez impur ; il renfermait plusieurs autres sels, et particulièrement du sel marin. Or, la présence de ces sels étrangers non combustibles avait pour résultat de retarder l'inflammation du mélange; dès lors il ne pouvait que fuser, c'est-à-dire que sa combustion, au lieu de se faire brusquement et sur toute la masse à la fois, ne se propageait que lentement et de place en place. L'expansion des gaz provenant de cette combustion n'avait pas assez de puissance pour chasser un projectile. Cependant, au quatorzième siècle, le progrès des arts chimiques chez les Arabes permit de mieux purifier le salpêtre, et de le débarrasser des ma-

tières étrangères non combustibles; ce sel put dès ce moment provoquer tous les phénomènes de l'explosion, et l'on put l'appliquer à lancer au loin des projectiles.

Une grande incertitude avait régné jusqu'ici sur l'époque où l'on vit se réaliser la découverte des propriétés explosives de la poudre, et sur la contrée qui, la première, fut le théâtre de cette observation capitale qui devait peser d'un si grand poids dans les destinées du monde. D'après des documents nouveaux mis en lumière par MM. Reinaud et Favé, c'est aux Arabes qu'appartiendrait cette découverte. Ces savants auteurs ont trouvé dans un manuscrit arabe de la bibliothèque de Saint-Pétersbourg, qui remonte au quatorzième siècle, la description de certaines armes à feu extrêmement imparfaites, et qui, en raison de cette imperfection même, semblent marquer les débuts de la découverte et de l'application de la force de projection de la poudre.

Voici un passage de ce manuscrit dans lequel il s'agit évidemment d'une manière de lancer un projectile au moyen de la poudre à canon :

« *Description de la drogue à introduire dans le madfaa avec sa proportion.* — Baroud, dix; charbon, deux drachmes; soufre, une drachme et demie. Tu le réduiras en poudre fine et tu rempliras un tiers du madfaa; tu n'en mettras pas davantage, de peur qu'il ne crève; pour cela, tu feras faire, par le tourneur, un madfaa de bois, qui sera pour la grandeur en rapport avec sa bouche; tu y pousseras la drogue avec force, tu y ajouteras, soit le bondoc, soit la flèche, et tu mettras le feu à l'amorce. La mesure du madfaa sera en rapport avec le trou; s'il estoit plus profond que l'embouchure n'est large, ce seroit un défaut. Gare aux tireurs! fais bien attention. »

Dans ce passage, l'instrument qui reçoit la poudre est appelé *madfaa;* c'est le nom qui sert quelquefois, chez les Arabes, à désigner le fusil. La poudre est composée de

dix parties de salpêtre, de deux parties de charbon, et d'une partie et demie de soufre. On ne remplit de poudre que le tiers du madfaa, de peur qu'il ne crève. Par-dessus la poudre on mettait un *bondoc*, c'est-à-dire une javeline, ou bien une flèche. Les figures qui sont jointes au texte représentent, selon MM. Reinaud et Favé, un cylindre assez court porté sur un long manche qui fait suite à son axe. Cet instrument ressemble beaucoup aux massues incendiaires connues sous le nom de *massues à asperger*.

Voici un autre passage du manuscrit de Saint-Pétersbourg, qui contient la description d'une arme à feu analogue à la précédente :

« *Description d'une lance de laquelle, quand tu te trouveras en face de l'ennemi tu pourras faire sortir une flèche qui ira se planter dans sa poitrine.* — Tu prendras une lance que tu creuseras dans sa longueur, à une étendue de quatre doigts à peu près ; tu foreras cette lance avec une forte tarière, et tu y ménageras un madfaa ; tu disposeras aussi un pousse flèche en rapport avec la largeur de l'ouverture; le madfaa sera de fer. Ensuite tu perceras sur le côté de la lance un petit trou ; tu perceras également un trou dans le madfaa: puis tu prendras un fil de soie brute que tu attacheras au trou du madfaa ; tu le feras entrer par le trou qui est sur le côté de la lance. Tu te procureras, pour cette lance, une pointe percée à son sommet de manière que, lorsque tu tireras, le madfaa pousse fortement la flèche, par la force de l'impulsion que tu auras communiquée; le madfaa marchera avec le fil, mais le fil retiendra le madfaa de manière à l'empêcher de sortir de la lance avec la flèche. Quand tu monteras à cheval, ainsi armé, tu auras soin de te munir d'un troussequin : c'est afin que la flèche ne sorte pas de la lance. »

Il s'agit ici, selon MM. Reinaud et Favé, d'une lance disposée de telle manière que lorsqu'on était en face de son ennemi, il en sortait un trait qui allait lui percer le sein. Pour cela on logeait dans la lance un *madfaa* de fer, qui recevait la poudre. Une flèche, dont la grosseur était proportionnée à l'ouverture, était introduite dans le

creux de la lance, pour en sortir au moment favorable.

Les instruments dont la description est rapportée dans ces deux passages du manuscrit arabe représentent donc des armes à feu imparfaites, et paraissent former la transition entre les instruments purement incendiaires employés chez les Grecs et les Arabes d'Afrique au treizième siècle, et les armes à feu proprement dites, dans lesquelles on met à profit la force expansive de la poudre pour lancer au loin des projectiles meurtriers. Ces premières armes à feu étaient destinées à agir de très-près et presque par surprise, car cette espèce de lance ne pouvait projeter qu'à une très-faible distance, en raison de l'impureté de la poudre, l'aveline, la flèche ou projectile quelconque qu'elle contenait.

L'opinion de MM. Reinaud et Favé, qui attribuent aux Arabes la découverte de la propriété explosive des poudres salpêtrées, s'appuie donc sur des faits très-acceptables. Ce qui peut d'ailleurs la confirmer, selon nous, c'est l'état avancé des arts chimiques chez cette nation. Pendant le moyen âge, l'Espagne, occupée et régie par les Arabes, était devenue le foyer le plus brillant des lettres et des arts; les sciences chimiques s'y trouvaient particulièrement cultivées. La découverte des propriétés explosives de la poudre n'est que la conséquence de la purification du salpêtre par les procédés chimiques; il est donc probable que c'est aux Arabes que doit revenir l'honneur de cette importante observation.

La poudre préparée au quatorzième siècle était extrêmement imparfaite. On l'obtenait sous forme de poussier, état qui lui enlève une grande partie de sa force; en outre, le salpêtre qui servait à sa fabrication était fort impur. Cette poudre, qui ne donnait lieu qu'à une explosion assez lente, n'aurait donc pu imprimer aux projectiles une vitesse assez grande pour percer les cuirasses et

les armures métalliques en usage à cette époque. Aussi, durant le quatorzième siècle, les projectiles lancés par les bouches à feu ne furent-ils que très-rarement dirigés contre les hommes. La poudre servait surtout à lancer de grosses pierres qui, par leur chute, écrasaient les édifices et ruinaient les défenses extérieures des places. Tel fut le premier emploi des bouches à feu, qui prirent le nom de *bombardes* ou *bastons à feu.*

Mais les bombardes ne furent pas destinées seulement à lancer de lourds projectiles contre les travaux de défense des villes assiégées ; elles servirent encore à jeter à l'ennemi le feu grégeois et les compositions incendiaires. On nous permettra d'insister sur ce point particulier, car nous y trouverons l'occasion d'établir que l'usage et le secret du feu grégeois n'ont aucunement été perdus, comme on l'entend dire tous les jours.

La découverte de la poudre à canon ne fit pas complétement abandonner l'emploi des mélanges incendiaires ; on les conserva comme un moyen d'attaque utile en plus d'une circonstance. Les Européens eux-mêmes finirent par en emprunter l'usage aux Arabes, et tous ces phénomènes de combustion, qui avaient paru si effrayants aux Occidentaux, du huitième au treizième siècle, devinrent plus tard d'un usage familier en Europe.

Il est souvent question du feu grégeois dans leschroniques de Froissart. En racontant le siége du château de Romorantin par le prince de Galles, cet historien dit en parlant des Anglais :

« Si ordonnèrent à apporter canons avant et à traire carreaux et feu gregeois dedans la basse-cour ; car si cil feu s'y vouloit prendre, il pourroit bien tant multiplier qu'il se bouteroit en toit des couvertures des tours du châtel..... Adonc fut le feu apporté avant et traict par bombardes et par canons en la basse-cour, et si prit et multiplia tellement que toutes ardirent.

Le nom du feu grégeois se trouve chez presque tous les auteurs de pyrotechnie du seizième siècle, et on lit dans les ouvrages de cette époque la description détaillée des divers instruments à feu en usage en Europe vers le quinzième et le seizième siècle. Voici, par exemple, suivant un de ces écrivains, Biringuccio, la manière de préparer les lances à feu :

« *Moyen de faire lances à feu pour getter où il vous plaira attachés à la pointe des lances.* — Pour la défense d'une forteresse, ou pour dresser une escarmouche de nuit, ou pour assaillir un camp, c'est chose utile d'attacher, à la pointe des lances des gens de cheval et sur la cime des piques des gens de pié, certains canons de papier posez dans autres de bois longs de demi-brasse. Lesquels vous remplirez de grosse poudre avec laquelle vous meslerez pièce de feu gregeoix, de soufre, grains de sel commun, lames de fer, voire brisé, et arsenic cristallin. Et le tout pousserez dedans à force, et aprez avoir mis quelque chose au-devant, tournerez l'issue du feu contre voz ennemis. Lesquels resteront effrayés au possible, appercevant une langue de feu excédant en longueur deux brasses, faisant un bruit épouvantable. Et peut ceste façon de langue grandement servir à ceux qui veuillent faire profession des armes sur la mer (1).

Comme le remarquent MM. Reinaud et Favé, on voit que c'est bien là l'art des anciens Arabes : l'effet des instruments est le même, leur disposition toute semblable ; seulement, l'imagination n'ajoutant plus à la crainte que ces armes inspiraient, leur usage se borne à des circonstances rares et exceptionnelles.

Les écrivains de cette époque signalent quelques actions de guerre dans lesquelles on eut recours à ces moyens. Daniel Davelourt dans sa *Briefve Instruction sur le faict de l'artillerie en France*, imprimé en 1597, parle ainsi de l'usage que l'on fit du feu grégeois au siége de Pise :

(1) Vanoccio Biringuccio, *la Pyrotechnie*, traduit de l'italien par Jacques Vincent. Paris, 1572, folio 164.

« Toute chose seiche et qui brusle facilement, multipliant le feu par quelque propre et interieure nature, se peut mettre à composition du feu : comme sont, soulphre, salpêtre, poudre à canon, huile de lin, de petrole, de terebenthine, poix, resine, camphre, chaux vive, sel ammoniac, vif-argent et autres telles matieres dont on a accoustumé de faire trompes, pots, cercles, langues, piques, lances à feu, et autres feux artificiels propres à refroidir l'ardeur de ceux qui vont les plus hardis assaillir une bresche.

« Comme l'on cognent au siége de Pise où les Florentins, soubs la conduite de Paul Vitelli, ayant fait la bresche raisonnable, et les Pisans se réparant par dedans avec fossés et terrasses, encore ajoutèrent-ils les feux gregeoix et artificiels, avec lesquels ils empêchèrent que les Florentins ne purent exécuter leur dessein. Les soldats de Verone, attendant l'assaut des François, dresserent pots de feu artificiels et autres fricassées, que leur donnoient aux flancs et par derrière les remparts. »

Zantfliet affirme dans ses chroniques que le feu grégeois était usité en Hollande en 1420. Il fut encore employé en 1454 au siége de Constantinople par Mahomet II : les assiégés et assiégeants en faisaient usage chacun de leur côté. L'historien Phrantzès, cité par M. Lalanne, rapporte qu'un Allemand nommé Jean, très-habile à manier le feu grégeois, et qui dirigeait la défense de la ville, se servait de ce feu pour faire sauter des mines. Ainsi, jusqu'à l'année 1453, les compositions incendiaires étaient encore employées concurremment avec l'artillerie, et l'on avait trouvé le moyen d'en tirer un parti nouveau en l'appliquant à l'art des mines. On peut donc établir, en s'appuyant sur des données historiques, que le secret du feu grégeois n'a jamais été perdu.

Pour résumer ce qui précède, les bouches à feu furent appliquées dans l'origine à lancer des pierres contre les remparts extérieurs des cités, et à jeter le feu grégeois. Cependant, à mesure que la préparation de la poudre à canon se perfectionna, et que les projectiles purent rece-

voir une vitesse assez grande pour percer les armures métalliques, ce dernier usage se perdit, et le nom même du feu grégeois finit par s'oublier. C'est alors seulement que les bouches à feu commencèrent à jouer un rôle important dans les armées. Suivons rapidement leurs progrès dans les diverses contrées de l'Europe.

Presque tous les peuples ont revendiqué à leur tour le contestable honneur d'avoir les premiers fait usage du canon. Ce point, très-longtemps débattu, est maintenant éclairci d'une manière satisfaisante.

D'après l'historien espagnol Conde, les Arabes auraient les premiers employé le canon en Europe. Assiégés, en 1259, à Niebla, en Espagne, par les populations dont ils avaient envahi le territoire, ils se défendirent en lançant des pierres et des dards « avec des machines et des traits de tonnerre avec feu. » Le même historien rapporte aussi un exemple de l'usage du canon en Espagne en 1323, lorsque le roi de Grenade, ayant mis le siége devant Baza, se servit contre la ville « de machines et engins qui lançaient des globes de feu avec grand tonnerre. »

Cependant, comme il n'existe aucun ouvrage technique qui puisse venir en aide à ces textes trop peu explicites, il est difficile de savoir si les machines à feu dont parle l'historien espagnol étaient véritablement des canons, ou si ce n'étaient pas simplement ces balistes, ces mangonneaux ou ces machines à fronde, depuis si longtemps employés chez les Arabes pour lancer des matières combustibles et des carcasses incendiaires, qui, jetées derrière les remparts des villes, s'enflammaient au milieu de l'air avec une violente explosion (1). Les termes dont se sert l'auteur ne

(1) Ces machines à fronde, qui furent employées pendant tout le moyen âge dans la guerre de siéges, avaient une force de projection considérable. Les assiégeants lançaient aussi dans les villes des pierres

permettent pas de prononcer. Espérons que quelques documents encore enfouis dans les archives espagnoles viendront un jour jeter la lumière sur cette question, l'une des plus curieuses et des plus controversées de l'histoire de l'artillerie.

En l'absence de textes plus positifs, la priorité de l'emploi du canon ne saurait être contestée à l'Italie. Dans son *Histoire des sciences mathématiques en Italie,* M. Libri rapporte une pièce authentique de la république de Florence, datée du 11 février 1325, qui constate que *les prieurs, le gonfalonier et les douze bons hommes* ont la faculté de nommer deux officiers chargés de faire fabriquer des boulets de fer et des canons de métal pour la défense des châteaux et des villages appartenant à la république de Florence. Cette pièce suffit évidemment pour établir l'existence des bouches à feu en Italie dès l'année 1325.

A partir de l'année 1326, les historiens italiens mentionnent assez souvent l'emploi des armes à feu. Nous nous bornerons à citer l'attaque de Cividale en 1331 (1).

L'usage de la poudre à canon s'est introduit de très-bonne heure en France. L'histoire a constaté son emploi en 1339, au siége de Puy-Guillem, et pendant la même année au siége de Cambrai par Édouard III. Elle a également établi la fabrication de canons à Cahors en 1345, ainsi que l'usage, à la même époque, des boulets et des balles de plomb.

Les Anglais n'ont adopté qu'après nous la poudre à canon (1); ils ont cependant sur tous les peuples de l'Europe

énormes qui, tombant sous un angle élevé, écrasaient les maisons et les édifices. On lança même par ce moyen les prisonniers faits à l'ennemi.

(1) Lacabane, *Bibliothèque de l'école des chartes*, 2e série, t. 1, p. 35.

(2) C'est un écrivain anglais qui a le premier propagé l'opinion, si répandue et si inexacte, d'après laquelle Roger Bacon est regardé comme l'inventeur de la poudre. Plot, dans son ouvrage, *The natural history, of Oxford*, attribue à son compatriote l'honneur de cette découverte

l'avantage d'avoir les premiers employé l'artillerie en rase campagne. On sait l'usage funeste qu'ils en firent contre nous à la journée de Crécy, le 26 août 1346. Selon la Chronique de Saint-Denis, le roi Philippe de France venant à l'encontre des Anglais, ceux-ci « tirèrent trois canons, « d'où il arriva que les arbalétriers génois qui étaient en « première ligne, tournèrent le dos et cessèrent le combat. » L'historien Villani ajoute que les Anglais lançaient de petites balles de fer pour effrayer les chevaux : « Le roi « d'Angleterre ordonna à ses archers, dont il n'avait pas « grand nombre, de faire en sorte avec les bombardes de « jeter des boules de fer avec du feu pour effrayer et dis- « perser les chevaux des François... Les bombardes me- « noient si grande rumeur et tremblement, qu'il sembloit « que Dieu tonnât, avec grande tuerie de gens et décon- « fiture de chevaux. » Selon Villani, le désordre des Français arriva surtout par suite de l'embarras des corps morts laissés par les Génois ; toute la campagne était jonchée de chevaux et de gens renversés, tués ou blessés par les bombardes et les flèches.

Le revers éprouvé par les troupes françaises à la journée de Crécy fut attribué à l'emploi des bouches à feu, et ce fait, qui produisit une grande sensation, eut pour résultat de faire adopter l'artillerie par toutes les nations militaires de l'Europe. Jusque-là, le canon n'avait encore agi que contre les édifices et les murailles des villes ; son emploi contre les hommes avait rencontré, dans l'Occident, les plus vives répugnances. Pour les guerriers du moyen âge, c'était une félonie que d'employer à la guerre ces armes

d'après ce fait, que personne n'aurait parlé de la poudre avant Roger Bacon. Or, tout ce que dit en plusieurs endroits de son livre, au sujet des effets explosifs de la poudre, l'auteur de l'*Opus majus*, est évidemment emprunté et presque copié de l'ouvrage de Marcus. On voit sur quels fondements repose une opinion qui a pourtant joui de tant de crédit depuis trois siècles.

perfides qui permettaient au premier vilain de tuer un brave chevalier, qui donnaient au timide et au lâche le moyen d'attaquer à couvert et à distance le plus intrépide combattant. Au douzième siècle, le second concile de Latran, dont les décisions faisaient loi pour toute la chrétienté, avait défendu l'usage des machines de guerre dirigées contre les hommes, comme « trop meurtrières et déplaisant à Dieu. » Christine de Pisan, qui a composé sous Charles VI un traité de l'art de la guerre, parle d'un feu grégeois et des compositions analogues usitées de son temps comme d'un moyen déloyal et indigne d'un chrétien. Enfin, on peut rappeler à ce sujet le serment exigé, au moyen âge, des artilleurs allemands, qui devaient jurer « de ne point tirer le canon de nuit ; de ne point cacher de « feux clandestins....., et surtout de ne construire aucuns « globes empoisonnés ni autres sortes d'inventions, et de « ne s'en servir jamais pour la ruine et la destruction des « hommes, estimant ces actions injustes autant qu'indignes « d'un homme de cœur et d'un véritable soldat (1).

Les Anglais, qui à toutes les époques ont marché hardiment et sans scrupule vers tout ce qui peut contribuer à servir leurs desseins, furent les premiers à fouler aux pieds l'opinion de leur temps. L'exemple une fois donné, les autres nations n'hésitèrent plus à entrer dans cette voie, et ne tardèrent pas à élever leurs ressources militaires à la hauteur de celles de leurs voisins. Aussi voit-on, après la bataille de Crécy, l'usage des armes à feu se généraliser en France et se répandre bientôt dans toute l'Europe. A dater de cette époque, Froissart ne manque plus de faire l'énumération des pièces d'artillerie qui marchent à la suite des armées. C'est ainsi qu'il mentionne l'usage des armes à feu devant Calais en 1347, à l'attaque de Romorantin ; en 1356

(1) Siemenowitz, *Grand art de l'artillerie*, p. 299.

et en 1358, à la défense de Saint-Valéry; en 1359, contre les murailles de Mons et le château de la Roche-sur-Yon. Enfin, de 1373 à 1378, on trouve l'emploi du canon cité contre un grand nombre de villes et de châteaux. L'esprit d'indépendance des communes se développant de plus en plus dans les provinces françaises, les villages et les bourgs ne manquèrent pas de s'emparer à leur tour de ce puissant moyen de défense contre les envahissements et les attaques de la féodalité. Chaque ville libre voulut avoir à sa solde son *maître d'artillerie et ses artillers.* Dès l'année 1348, Brives-la-Gaillarde était défendue par cinq canons, et dans les années 1349 et 1352 la ville d'Agen en avait placé à ses principales portes et dans ses quartiers les plus exposés (1).

Aussi les bouches à feu, qui à la bataille de Crécy se comptaient par unités, augmentent bientôt en nombre d'une manière prodigieuse. A l'assaut de Saint-Malo, en 1376, les Anglais avaient « bien quatre cents canons « postés autour de la place (2), » ce qui ne les empêcha pas d'être repoussés par Clisson et du Guesclin. Sous Charles VI, en 1411, on compte à l'armée du duc d'Orléans *quatre mille que canons que coulevrines* (3). Enfin l'armée des Suisses qui remporta en 1476, sur Charles le Téméraire, la sanglante victoire de Morat, avait dans ses rangs, selon le récit de Philippe de Comines, dix mille coulevrines (4); seulement il est bien entendu qu'ici les armes à feu ont été réduites à de petites dimensions, et sont devenues des armes à main comme nos fusils.

Vers l'année 1380, la marine adoptant l'usage de l'artil-

(1) Lacabane, *Bibliothèque de l'école des chartes*, 2e série, t. I, p. 46.
(2) Froissart, *Histoire et chronique*. Lyon, 1559, vol. I, p. 439 et 458, et vol. II, p. 27.
(3) Juvénal des Ursins, *Histoire de Charles VI*, p. 213.
(4) *Mémoires*, liv. V, cap. III.

lerie, les navires de guerre et de commerce commencèrent à disposer des canons à leur bord.

On voit, d'après l'ensemble des faits qui viennent d'être rapportés, ce qu'il faut penser de l'opinion des historiens qui ont nié l'emploi de la poudre dans les armées d'Europe au quatorzième siècle. Cette opinion a prévalu assez longtemps, appuyée sur des interprétations vicieuses de quelques textes historiques. On sait, pour ne citer qu'un exemple, que l'existence de l'artillerie en France, en 1339, a été prouvée par le fameux extrait, cité par du Cange, du registre de la chambre des comptes qui porte : *Payé à « Henri de Fumechon, pour achat de poudres et autres objets « nécessaires aux canons employés devant Puy-Guillem...* » Or, l'historien Temnler veut que dans ce document on lise *poutre* au lieu de *poudre*. D'un autre côté, le père Lobineau, dans son *Histoire de Bretagne,* fait des efforts d'esprit inimaginables pour prouver que les canons dont il est question dans la romance faite en 1382 en l'honneur de du Guesclin n'étaient que *des espèces de clarinettes*. N'en déplaise à ces érudits chroniqueurs, le sénéchal de Toulouse, Pierre de la Palu, qui assiégeait Puy-Guillem en 1339, bravait autre chose que des poutres, et le vaillant du Guesclin n'affrontait pas des clarinettes.

Pendant que la France multipliait ses bouches à feu, l'Allemagne apportait un perfectionnement capital à leur fabrication. Jusque-là, les canons avaient été fabriqués au moyen de pièces de fer reliées entre elles par des liens circulaires, comme le sont les douves de nos tonneaux; les arts métallurgiques ayant fait de grands progrès en Allemagne, on trouva dans ce pays l'art d'obtenir des bouches à feu par la fusion d'un alliage métallique d'une dureté considérable et qui permettait à la pièce de résister aisément à l'action du tir.

S'il faut s'en rapporter aux textes cités par le colonel

Tortel (1), l'auteur de ce perfectionnement remarquable de l'artillerie ne serait autre que Berthold Schwartz, le même auquel une tradition vulgaire attribue la découverte des effets explosifs de la poudre. En admettant cette identité, qui paraît difficilement contestable en présence des textes récemment découverts et commentés avec beaucoup de bonheur par M. Lacabane (2), Berthold Schwartz reprendrait dans l'histoire de nos découvertes la place qu'il avait perdue, et les événements de sa vie, longtemps contestés, pourraient être acceptés par la critique.

Berthold Schwartz était un cordelier de Fribourg. Les écrivains allemands sont loin de s'accorder sur la date de son invention qu'ils placent en 1320, 1330, 1350, 1378 et 1380. Il est cependant bien établi qu'en 1378 il se rendit à Venise, et y fit connaître le nouveau perfectionnement qu'il avait apporté à la fabrication des bouches à feu. Les Vénitiens firent usage de ses canons au siége de Chiozza, en 1380. Cependant les magistrats de Venise, fidèles aux vieilles habitudes des républiques italiennes, récompensèrent mal ses services. Le siége terminé, pour se dispenser de payer à Berthold Schwarz la récompense promise, on le fit jeter en prison, et du fond de son cachot il revendiqua inutilement l'honneur et le prix de ses travaux. Une croyance populaire menace tous les auteurs d'inventions funestes à l'humanité du destin de périr eux-mêmes victimes de leurs pernicieuses découvertes : Berthold Schwartz aurait fourni une frappante confirmation de cette pensée, s'il est vrai, comme l'ont écrit les Fribourgeois, que l'empereur Venceslas, pour punir cet homme de sa terrible invention, l'ait fait attacher à un baril de poudre auquel on mit le feu.

L'artillerie, ainsi perfectionnée en Italie et en Allema-

(1) *Spectateur militaire*, 15 septembre 1841, p. 623.
(2) *Loc. cit.*, p. 46.

gne, fit bientôt en France de nouveaux progrès dans le détail desquels il serait hors de propos de nous engager; c'est à cette circonstance que l'armée de Charles VIII dut ses triomphes si rapides dans la campagne de Naples. Enfin le rôle de l'artillerie et de la poudre à canon ayant pris tous les jours plus d'importance dans les armées, François Ier établit dans le royaume un grand nombre de fonderies, de poudreries et d'arsenaux. C'est sous le règne de ce prince que fut rendue l'ordonnance qui institue et règle pour la première fois l'administration des poudres et salpêtres.

CHAPITRE IV.

Perfectionnements apportés dans les temps modernes à la composition de la poudre à canon. — Essais pyrotechniques de Dupré et de Chevallier. — Poudre au chlorate de potasse expérimentée par Berthollet en 1788.

Nous ne suivrons pas plus loin cette histoire rapide des emplois de la poudre à canon. La revue des perfectionnements successifs qui ont amené l'artillerie européenne au degré éminent où nous la voyons de nos jours, appartient spécialement à l'histoire militaire; ici nous devons nous en tenir à envisager, sous le rapport scientifique, les modifications apportées à la composition des poudres de guerre. A ce point de vue, notre tâche est à peu près terminée; depuis deux siècles, en effet, la fabrication et l'emploi de l'agent qui nous occupe n'ont fait que des progrès presque insensibles, et pour arriver jusqu'à notre époque, nous n'avons à signaler que quelques essais curieux mais restés sans application.

C'est dans cette catégorie qu'il faut ranger les essais entrepris sous Louis XV par Dupré, pour retrouver le feu grégeois; ceux que fit à la fin du dernier siècle le célèbre chimiste Berthollet, dans le but de modifier la composition de la poudre ; enfin les expériences pyrotechniques de Chevallier exécutées sous l'empire.

Dupré, né aux environs de Grenoble, était orfèvre à Paris. En essayant de fabriquer de faux diamants, il découvrit, dit-on, par hasard une liqueur inflammable d'une activité prodigieuse. Chalvet, qui rapporte ce fait dans sa *Bibliothèque du Dauphiné*, assure que cette liqueur consumait tout ce qu'elle touchait, qu'elle brûlait dans l'eau, et reproduisait, en un mot, tous les effets anciennement attribués au feu grégeois. Dupré fit instruire Louis XV de sa découverte, et, sur l'ordre du roi, il exécuta quelques expériences à Versailles, sur le canal, et dans la cour de l'Arsenal à Paris. C'était en 1755; on était engagé contre les Anglais dans cette guerre désastreuse qui devait amener la ruine de notre puissance navale. Dupré fut envoyé dans divers ports de mer pour essayer contre les vaisseaux l'action de sa liqueur incendiaire. Les effets que l'on produisit furent si terribles que les marins eux-mêmes en furent épouvantés. Cependant Louis XV, cédant à un noble sentiment d'humanité, crut devoir renoncer, malgré les pressantes nécessités de la guerre, aux avantages que lui promettait cette invention. Il défendit à Dupré de publier sa découverte, et, pour assurer son silence, il lui accorda une pension considérable et la décoration de Saint-Michel. Dupré est mort sans avoir trahi son secret; mais Chalvet avance une atrocité inutile lorsqu'il prétend que l'opinion commune accusa Louis XV d'avoir précipité sa mort.

Selon M. Coste, un artificier nommé Torré aurait retrouvé, sous le ministère du duc d'Aiguillon, un secret analogue à celui de Dupré.

« Le secret du feu grégeois, dit M. Coste, a été retrouvé en France, sous le ministère du duc d'Aiguillon, par un metteur en œuvre qui ne le cherchait certainement pas et qui travaillait au Havre à des pierres de composition. Mon témoignage à cet égard est irrécusable, car c'est moi qui ai rédigé le *Mémoire au conseil*, par lequel cet honnête artiste faisait hommage au roi de sa funeste découverte, lui demandait ses ordres, et offrait d'enfermer dans un canon de bois, qu'un seul homme pourrait porter, sept cents flèches remplies de sa composition, lesquelles s'enflammeraient, éclateraient et mettraient le feu en tombant. Cet appareil et le canon de bois, qui devaient porter le feu grégeois à huit cents toises étaient de l'invention de l'artificier Torré (1). »

Toutefois cette idée n'a jamais eu de suite.

Il en a été autrement de l'invention du mécanicien Chevallier, sur laquelle la fin tragique de son auteur appela quelque temps l'attention du public. Chevallier, ingénieur et mécanicien à Paris, avait réussi à préparer des fusées incendiaires qui brûlaient dans l'eau, et dont l'effet était, dit-on, aussi sûr que terrible. Les expériences, faites le 30 novembre 1797 à Meudon et à Vincennes, en présence d'officiers généraux de la marine, et reprises à Brest, le 20 mars suivant, montrèrent que ces fusées, qui avaient quelques rapports avec nos fusées à la Congrève, reproduisaient une partie des effets que l'on rapporte communément au feu grégeois.

Chevallier s'occupait à perfectionner ses compositions incendiaires, lorsqu'il périt victime d'une fatale méprise. Depuis le commencement de la révolution, il s'était fait remarquer par l'exaltation de ses idées républicaines ; en 1795, il avait déjà été arrêté comme agent d'un complot jacobin et mis en liberté à la suite de l'amnistie de l'an IV. En 1800, dénoncé à la police ombrageuse de l'époque comme s'occupant, dans un but suspect, de fusées incendiaires et de préparations d'artifices, il fut emprisonné

(1) *Essai sur de prétendues découvertes nouvelles*, 1803.

sous la prévention d'avoir voulu attenter aux jours du premier consul. Cette affaire ne pouvait avoir aucune suite sérieuse, et Chevallier s'apprêtait à sortir de prison, lorsque, par une coïncidence déplorable, arriva l'explosion de la machine infernale. Chevallier n'avait eu évidemment aucune relation avec les auteurs de ce terrible complot; cependant il fut traduit quelques jours après devant un conseil de guerre, condamné à mort, et fusillé le même jour à Vincennes.

Les essais entrepris par Berthollet, en 1788, pour remplacer le salpêtre de notre poudre à canon par le chlorate de potasse, ont un caractère scientifique sérieux, et sont plus connus que les faits précédents.

En étudiant les combinaisons oxygénées du chlore, Berthollet avait découvert les chlorates, sels très-remarquables par leurs propriétés chimiques. Les chlorates sont des composés qui se détruisent avec une facilité extraordinaire, et comme ils renferment une très-grande quantité d'oxygène, cette prompte décomposition fait de ce genre de sels un des agents de combustion les plus actifs que l'on possède en chimie. Le chlorate de potasse mélangé avec du soufre, avec du charbon ou du phosphore, constitue un mélange tellement combustible, que le choc du marteau suffit pour le faire détoner. Aussi, quand on triture rapidement dans un mortier de bronze un mélange de chlorate de potasse, de soufre et de charbon, il se produit des détonations successives qui imitent des coups de fouet, et l'on voit s'élancer hors du vase des flammes rouges ou purpurines.

Ces faits observés par Berthollet mirent dans la pensée de ce chimiste le projet de substituer le chlorate de potasse au salpêtre, dans notre poudre à canon. Les essais qu'il entreprit dans cette vue amenèrent les résultats les plus avantageux en apparence : un mélange intime de sou-

fre, de charbon et de chlorate de potasse, dans les proportions habituelles de la poudre, présentait une force explosive d'une énergie extrême, et qui l'emportait à ce point sur la poudre ordinaire, que les projectiles étaient lancés à une distance triple. Encouragé par ce fait, Berthollet demanda au gouvernement l'autorisation de faire préparer une assez grande quantité de la nouvelle poudre pour servir à des expériences plus étendues. La poudrerie d'Essonnes fut mise à sa disposition. Mais l'entreprise eut une bien triste fin : une explosion terrible détruisit la fabrique, et coûta la vie à plusieurs personnes. Voici quelques détails positifs sur ce malheureux événement.

M. Letort, directeur de la manufacture d'Essonnes, était plein de confiance dans le succès des expériences de Berthollet et dans l'avenir de la poudre nouvelle; il assurait qu'elle n'offrirait aucun danger dans son maniement, et qu'elle se comporterait en tous points comme la poudre au salpêtre. Le jour où devaient commencer les essais de la fabrication, il invita Berthollet à dîner, et au sortir de table, on descendit dans les ateliers. Le mélange se faisait comme à l'ordinaire, dans des mortiers avec des pilons de bois et par l'intermédiaire de l'eau, afin d'éviter le développement de chaleur provoqué par le frottement. M. Letort prétendit que l'addition de l'eau était superflue, et que l'on aurait pu tout aussi bien faire le mélange à sec. Pour le prouver, il s'approcha de l'un des mortiers, et, du bout de sa canne, il se mit à triturer une petite motte de poudre qui s'était desséchée sur ses bords. Aussitôt une détonation épouvantable se fit entendre, la maison fut à moitié renversée, et l'on releva parmi les décombres le cadavre du directeur, celui de sa fille et les corps de quatre ouvriers ; Berthollet fut préservé comme par miracle.

Cependant on avait attaché tant d'importance à l'emploi de la poudre au chlorate de potasse, que cet événement

terrible ne porta point ses fruits. Quatre années après, le gouvernement autorisa de nouveaux essais. Au milieu des guerres de la république, il était difficile de renoncer à l'espoir de posséder un agent d'une si merveilleuse puissance. On multiplia les précautions indiquées en pareil cas; mais tout fut inutile, une nouvelle explosion fit sauter la fabrique et tua trois ouvriers. On n'a plus songé depuis cette époque à recommencer de si funestes tentatives. D'ailleurs on sait aujourd'hui que la poudre au chlorate de potasse n'a que des dangers et n'offre aucun avantage. Elle est si détonante, que le mouvement seul d'une voiture peut déterminer son explosion. Toutes les substances qui, comme le chlorate de potasse, détonent par le simple choc, donnent en effet des poudres *brisantes*, dont l'action brusque et instantanée, s'exerçant à la fois contre le projectile et contre les parois intérieures du canon, provoque presque toujours la rupture de l'arme.

CHAPITRE V.

La poudre-coton. — M. Schönbein. — Travaux chimiques qui ont amené la découverte du coton-poudre. — Histoire de la xyloïdine. — Accueil fait à la découverte de la poudre-coton.

Les perfectionnements apportés à la fabrication et aux divers emplois de la poudre à canon n'ont marché qu'avec une lenteur extrême; il a fallu quatre siècles pour amener cet art à sa situation présente. Aussi, après les faits rapportés plus haut, l'histoire de la poudre, au point de vue scientifique, ne présente-t-elle que de rares épisodes; pour arriver au seul fait important qui l'ait signalée depuis, il faut passer sans intermédiaire à l'époque actuelle.

Dans les derniers mois de 1846, les journaux commencèrent à s'occuper d'une découverte des plus singulières. Un chimiste de Bâle avait, disait-on, trouvé le moyen de transformer le coton en une substance jouissant de toutes les propriétés de la poudre. On avait fait à Bâle des expériences publiques qui ne pouvaient laisser aucune place au doute : avec une petite boulette de coton offrant l'aspect ordinaire, on avait chargé des armes et obtenu ainsi tous les effets explosifs de la poudre. On prêtait à cette substance nouvelle des propriétés merveilleuses : elle pouvait impunément être plongée dans l'eau et y séjourner très-longtemps; séchée, elle reprenait ses propriétés primitives, — elle brûlait sans fumée, — elle ne noircissait pas les armes, — enfin elle avait une force de ressort trois ou quatre fois supérieure à celle de la poudre ordinaire.

En matière de science, les dires des journaux politiques ne sont pas toujours articles de foi; cette annonce ne trouva qu'un médiocre crédit. Cependant le public fut contraint de prendre cette découverte au sérieux, quand on la vit franchir le seuil de l'Académie des sciences, et passer du journal à la tribune de l'Institut. Dans la séance du 5 octobre 1846, on donna lecture à l'Académie d'une lettre de M. Schönbein, auteur de l'invention annoncée. M. Schönbein exposait, dans sa lettre, les caractères de cette substance nouvelle, qu'il nommait *poudre-coton* (*Schieswolle*); il précisait ses effets, indiquait les avantages particuliers de son emploi, et donnait la mesure de sa force balistique. M. Schönbein disait tout; il n'oubliait qu'un point, c'était d'indiquer le procédé au moyen duquel on obtenait ce curieux produit; il se réservait, pour en retirer un profit personnel, la possession de ce secret.

Nous nous souvenons de l'impression que produisit la lecture de la lettre de M. Schönbein sur l'auditoire savant qui se presse aux séances de l'Académie. Quand on fut

une fois bien certain de l'existence du fait, lorsqu'on apprit, à n'en plus douter, que le corps dont il était question n'était autre chose que du coton à peine modifié dans son aspect ordinaire, tous les gens du métier, tous les chimistes qui se trouvaient là, devinèrent aussitôt le secret de l'inventeur. Au sortir de la séance, chacun avait compris que le nouvel agent n'était probablement autre chose qu'une modification ou une forme particulière de la *xyloïdine*, composé bien connu des chimistes, qui s'obtient en plongeant dans de l'acide azotique (eau-forte) des matières ligneuses telles que du bois, du papier ou du coton. Dès le lendemain, tous les laboratoires de Paris se mirent en demeure de vérifier cette conjecture, et au bout de huit jours, on avait trouvé que pour préparer le coton-poudre, il suffit de plonger pendant quelques minutes du coton non cardé dans de l'acide azotique très-concentré. Le secret de l'inventeur était devenu le secret de Paris (1).

Comment se fait-il qu'une découverte si soigneusement tenue cachée par son auteur ait pu être ainsi surprise et divulguée en quelques jours? C'est ce que l'on comprendra sans peine d'après l'histoire de la *xyloïdine*.

En 1832, Braconnot, chimiste de Nancy, mort il y a peu d'années, découvrit que si l'on traite l'amidon par l'acide

(1) M. Morel, ingénieur civil, est le premier qui ait préparé du coton-poudre à Paris. Peu de jours après la lecture de la lettre de M. Schönbein à l'Académie, M. Morel montrait à Arago les effets de son *coton explosif* employé dans les armes. Cet ingénieur ne divulgua pas d'abord les moyens de préparer ce produit : dans la séance du 12 octobre 1846, il se borna à adresser à l'Académie, dans un paquet cacheté, la description de son procédé pour lequel il avait pris un brevet d'invention. Ce n'est que plus d'un mois après, le 30 novembre 1846, qu'il donna à l'Académie communication de ce procédé. Mais à ce moment tout le monde à Paris préparait le coton-poudre : par son idée inopportune d'obtenir un brevet d'invention, M. Morel s'était privé de l'honneur d'avoir le premier fait connaître en France le produit découvert par M. Schönbein.

azotique très-concentré, l'amidon entre en dissolution, et que si l'on ajoute alors de l'eau au mélange, il se précipite aussitôt un produit blanc, pulvérulent, qu'il désigna sous le nom de *xyloïdine*. Entre autres caractères, Braconnot reconnut à ce composé la propriété de brûler avec une certaine activité. Cependant, il ne soumit point à l'analyse le produit nouveau qu'il avait découvert, il se contenta d'en étudier les caractères. En cela, il était fidèle à un système qu'il semble avoir adopté. Braconnot a fait en chimie organique des découvertes fondamentales, et il s'est toujours dispensé de leur appliquer le sceau de l'analyse élémentaire. C'est lui qui a trouvé le moyen de changer en sucre le bois et l'amidon par l'action de l'acide sulfurique, fait d'une nouveauté et d'une portée immenses, et qui est loin encore d'avoir donné tout ce qu'il promet à l'avenir des études chimiques. Il a compris le premier la véritable nature chimique des corps gras. Il a découvert la *pectine*, ce curieux composé qui se trouve partout dans le monde végétal, et dont les transformations, quand elles seront étudiées d'une manière sérieuse, jetteront les plus utiles lumières sur les phénomènes intimes de la vie des plantes. Or, dans tous ces cas, Braconnot s'est passé du secours de l'analyse organique ; il est arrivé à ces belles observations avec les seuls moyens de recherches que nous possédions il y a cinquante ans. Homme heureux ! il vit sortir de ses mains fécondes des découvertes d'une portée inattendue, et jamais il n'emprunta à la science du jour ses instruments ambitieux. Avait-il deviné que l'analyse organique tiendrait si mal, en fin de compte, les promesses de son début? C'est ce que nous n'essaierons pas de résoudre. Toujours est-il que Braconnot ne fit point l'analyse élémentaire du produit nouveau qu'il avait trouvé, et qu'il laissa à d'autres le soin et l'honneur de compléter son travail.

Le chimiste qui a repris et terminé l'étude de la xyloïdine est M. Pelouze. En 1838, M. Pelouze publia sur la xyloïdine un de ces mémoires corrects et achevés comme on les aime à l'Institut. Il fit le nombre voulu d'analyses organiques, fixa le poids atomique de ce composé, et établit sa formule, conformément aux principes en honneur à l'Académie. Mais, ce qui valait mieux encore, il fit une observation entièrement neuve et de laquelle la découverte de la poudre-coton devait nécessairement sortir. Il trouva que la xyloïdine peut se produire avec d'autres substances que l'amidon, et que si l'on plonge pendant quelques minutes du papier, des tissus de coton ou de lin, dans l'acide azotique concentré, ces matières se changent en xyloïdine et deviennent extrêmement combustibles.

Cependant M. Pelouze ne met aucun détour à convenir que la pensée ne lui vint pas d'employer dans les armes à feu, en guise de poudre, le coton ainsi traité. Tant simple soit-elle, cette idée ne se présenta pas à son esprit, et sa gloire, nous le croyons, n'y perdra pas grand'chose. Il entrevit néanmoins et il annonça que ces substances « seraient susceptibles de quelques applications, particu- « lièrement dans l'artillerie. » Il remit même à un capitaine d'artillerie, M. Haquien, un échantillon de cette matière, en le priant d'examiner si l'on ne pourrait pas en tirer quelque parti. Mais ce dernier eut un tort dans cette affaire : il mourut, et M. Pelouze n'y songea pas davantage.

La xyloïdine était donc à peu près oubliée, et restait seulement au nombre des produits intéressants de laboratoire, lorsque M. Schönbein, professeur de chimie à Bâle, ayant eu à préparer de la xyloïdine, se servit, pour cette opération, de coton non cardé, et constata avec beaucoup de surprise que la xyloïdine ainsi obtenue jouissait d'une combustibilité extraordinaire; une boulette de ce coton

azotique s'enflammait avec autant de vivacité et de promptitude qu'un amas de poudre. De l'observation de ce fait à l'idée d'employer le coton azotique dans les armes en remplacement de la poudre, il n'y avait qu'un pas; de cette idée à son exécution, il n'y avait qu'un geste : M. Schönbein prit un fusil, fit le geste nécessaire, et la poudre-coton fut découverte. C'est ainsi que cet enfant de la chimie, perdu sur les rives de la Seine, fut heureusement retrouvé dans un canton de la Suisse allemande et produit aussitôt dans le monde par le savant honorable qui s'en était fait le parrain.

La découverte de la poudre-coton fut accueillie avec une faveur sans exemple. Aucune invention scientifique n'a occupé à ce point l'attention du public; pendant un mois on ne parla pas d'autre chose, et jamais on n'avait entendu dans les salons et dans les cercles tant de savantes discussions.

Cet empressement contrastait beaucoup avec l'accueil fait à la découverte nouvelle par les savants spéciaux sur la matière. Ceux-ci n'avaient qu'un mépris superbe pour cette *poudre de salon*. Il existe au ministère de la guerre un comité chargé d'étudier toutes les questions nouvelles qui intéressent l'artillerie. Nous ignorons comment ce comité remplit habituellement sa tâche, mais il est certain qu'il prit dans cette circonstance une singulière attitude. En principe, il était rempli d'un dédain suprême pour les personnes qui avaient la prétention de traiter des questions pareilles sans toutes les notions indispensables du métier, et quand on parlait de la poudre-coton au comité d'artillerie, le comité d'artillerie haussait les épaules. Le colonel Piobert et le colonel Morin, qui représentent à l'Institut l'artillerie savante, arrivaient tous les lundis à l'Académie avec les notes les plus accablantes pour cette innocente invention, qui n'avait eu d'autre tort que de

naître et de grandir loin de la sphère de l'administration officielle. Ils gourmandaient l'ignorance et la crédulité du public, ils nous renvoyaient dédaigneusement aux vieilles expériences de Réaumur et de Rumford. Enfin, ils faisaient eux-mêmes des essais avec des produits mal préparés, et apportaient à l'Académie leurs résultats négatifs avec un très-visible sentiment de bonheur. Je n'ai jamais bien compris quel genre de satisfaction ces messieurs pouvaient ressentir alors. Les *Comptes rendus de l'Académie* ont même imprimé une note précieuse sous ce rapport, et que je recommande d'une manière spéciale à l'auteur futur du livre qui reste à faire sur les *encouragements accordés aux découvertes nouvelles.* Voici le passage le plus curieux de la note de MM. Piobert et Morin :

« Malgré le vague des renseignements transmis jusqu'à ce jour sur les effets de la poudre-coton, ou coton azoté, ainsi que le désigne M. Pelouze, auquel on doit la connaissance de cette matière vague qui ferait même douter de ses propriétés balistiques, l'artillerie n'en a pas moins étudié cette substance. Les essais qui ont été exécutés ont montré que ce coton, contrairement à ce qui avait été annoncé, donnait ordinairement un résidu formé d'eau et de charbon ; que sa combustion ne donnait pas lieu à un très-grand développement de chaleur; qu'elle produisait peu de gaz, à tel point qu'il s'échappait quelquefois en totalité par la lumière et par le vent du projectile sans le déplacer; que le volume des charges les plus faibles était en général très-considérable et excédait celui qu'il est convenable d'affecter à la charge des armes à feu. » Les auteurs concluent que « cette singulière substance » ne paraît nullement propre à remplacer la poudre à canon (1).

Ainsi, selon MM. Piobert et Morin, la poudre-coton n'avait aucune force explosive, les gaz s'échappaient par la lumière et par le vent du projectile sans le déplacer. Or,

(1) *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, 1846, 2e semestre, p. 811.

on sait aujourd'hui que l'inconvénient du coton-poudre n'est point son défaut de force explosive, mais, tout au contraire, une puissance de ressort tellement considérable, qu'il est difficile de la contenir et de la régulariser pour son emploi dans les armes.

Une autre circonstance curieuse de l'histoire de la poudre-coton, c'est la résistance obstinée que mit M. Schönbein à avouer sa défaite. Tout le monde préparait du coton-poudre, la fabrication de ce produit existait déjà sur une échelle assez étendue, on discutait les frais probables de l'opération industrielle : M. Schönbein persistait encore à tenir son procédé secret. Le 13 novembre 1846, il écrivait de Bâle la lettre suivante au journal *le Times* :

« Des chimistes ont déclaré que mon fulmi-coton ou coton-poudre était la même chose que la xyloïdine de Braconnot et de Pelouze, et l'autre jour la même opinion a été exprimée dans l'Académie française des sciences. J'ai plus d'une raison de nier l'exactitude de cette assertion. La déclaration d'un fait très-simple suffira pour prouver ce que j'avance. La xyloïdine de Pelouze est, conformément aux déclarations de ce chimiste distingué, facilement soluble dans l'acide acétique formant avec ce dernier une sorte de vernis. Cet acide n'a pas la moindre action sur le coton-poudre, quelque longtemps et à quelque température que les deux substances soient tenues en contact l'une avec l'autre. Le coton-poudre montre tout son volume et sa force d'explosion, après avoir été traité par cet acide pendant des heures entières. Il existe en outre d'autres différences entre mon coton et la xyloïdine de Pelouze. Je les ferai connaître en temps utile. »

Mais on laissait dire le pauvre inventeur qui voyait son secret lui échapper, et ne savait pas en prendre son parti.

Heureusement pour les intérêts de M. Schönbein, l'Allemagne a fait de cette question une affaire d'amour-propre national. M. Bœttger, de Francfort-sur-le-Mein, qui avait l'un des premiers pénétré le secret de M. Schönbein, s'était associé à lui pour l'exploitation du nouveau produit. La

diète germanique, afin de constater les droits du pays à cette découverte, accorda, comme récompense, aux deux associés, une somme de 260000 francs. Dès lors M. Schönbein put parler. Il va sans dire que ce qu'il a révélé touchant la poudre-coton était parfaitement conforme à tout ce que l'on avait annoncé et écrit depuis six mois.

CHAPITRE VI.

Propriétés et effets explosifs du coton-poudre. — Comparaison de ses effets et de ceux de la poudre ordinaire. — Ses avantages et ses dangers. — Son avenir. — Applications diverses du coton-poudre.

Comme toutes les inventions sérieuses, la poudre-coton a eu ses partisans et ses détracteurs passionnés. Une connaissance imparfaite des effets généraux des matières explosives avait fait naître des espérances exagérées ; les préventions et la routine ont provoqué une résistance énergique. Il est fort difficile de se prononcer aujourd'hui entre des assertions contradictoires, dans lesquelles, de part et d'autre, la vérité ne se montre que par un bout. Aussi, dans le public et parmi les savants règne-t-il encore une grande incertitude sur la valeur réelle de la poudre-coton et sur les avantages ou les inconvénients de son emploi dans les armes. Nous allons exposer l'état présent de cette question ; il nous suffira, pour cela, d'établir d'une manière précise, d'après les faits connus jusqu'à ce moment, les avantages et les inconvénients principaux que présente le coton-poudre relativement à son emploi dans les armes.

Toutefois, disons d'abord un mot du procédé qui sert à obtenir ce produit. Le coton-poudre se prépare avec une simplicité et une promptitude extraordinaires. Toute

l'opération consiste à plonger du coton non cardé dans de l'acide azotique très-concentré. Seulement, comme l'acide azotique très-concentré est un produit assez cher, on a eu l'idée d'employer l'acide ordinaire du commerce en y ajoutant de l'acide sulfurique. Ce dernier, qui est extrêmement avide d'eau, s'empare de l'eau excédante de l'acide azotique, et le concentre ainsi sur place et à peu de frais. Les meilleures proportions de ce mélange ont été indiquées par M. Meynier, de Marseille ; elles sont de trois volumes d'acide azotique ordinaire pour cinq volumes d'acide sulfurique à 66 degrés. On fait donc le mélange de ces deux acides, et on l'abandonne quelque temps à lui-même pour laisser dissiper la chaleur qu'il a dégagée. On plonge ensuite dans le liquide le coton non cardé, tel qu'on le trouve dans le commerce. Après douze ou quinze minutes de séjour dans ce bain, on retire le coton avec une baguette de verre; on le comprime pour faire écouler l'acide en excès, et on le lave à grande eau, jusqu'à ce qu'il n'ait plus ni odeur ni saveur. Il ne reste qu'à le sécher en l'exposant à l'air libre, à la température ordinaire. 100 parties de coton donnent ordinairement 172 parties de coton fulminant. Le papier, traité de la même manière, fournit un produit identique par ses propriétés avec le précédent.

Le *pyroxyle*, tel est le nom scientifique qui a été imposé au coton-poudre et aux substances analogues, est un produit éminemment et essentiellement combustible ; une étincelle l'enflamme, le choc d'un lourd marteau suffit quelquefois pour le faire détoner. On s'explique aisément cet effet quand on connaît sa composition chimique. Le pyroxyle est une combinaison de la matière organique qui constitue le coton avec les éléments de l'acide azotique. Le coton et les matières végétales de la même espèce sont déjà des corps assez combustibles par eux-mêmes ; en brûlant, ils donnent naissance à des produits gazéiformes :

l'acide carbonique et la vapeur d'eau. Mais le coton ne renferme pas assez d'oxygène pour brûler complétement; il reste toujours, comme on le sait, après sa combustion, un résidu assez abondant de charbon. Dans le pyroxyle, au contraire, l'acide azotique combiné avec le coton fournit à celui-ci tout l'oxygène nécessaire à sa combustion complète, et comme d'ailleurs l'acide azotique, lorsqu'il se décompose, donne lui-même naissance à des produits gazeux, il résulte de ces deux effets réunis que le pyroxyle, en brûlant, se transforme totalement en fluides élastiques. Ce composé réunit donc toutes les conditions nécessaires pour constituer une poudre explosive : une matière solide se réduisant instantanément en gaz. Nous donnerons une idée de la masse énorme de gaz qui se forme dans ce cas, en disant que, d'après les expériences directes, un volume de coton-poudre produit en brûlant huit mille volumes de gaz. Dans les mêmes circonstances, la poudre ordinaire produit seulement quatre mille volumes de fluides élastiques. On comprend, d'après cela, la possibilité de consacrer le pyroxyle aux usages ordinaires de la poudre.

Les avantages que présente le pyroxyde dans les armes à feu sont faciles à résumer.

La poudre-coton n'est pas altérée par l'eau : on peut l'abandonner longtemps à l'air humide sans qu'elle perde sensiblement de sa force explosive; on peut la plonger dans l'eau et l'y laisser séjourner, on lui rend en la séchant ses qualités ordinaires. Ainsi, dans un cas d'incendie à bord d'un navire ou dans les bâtiments d'un arsenal, on pourrait noyer les poudres, et les retrouver ensuite avec leurs propriétés primitives.

Le pyroxyle n'attaque pas, ne salit pas les armes, qui, après quarante coups, sont aussi propres qu'auparavant; il ne laisse point, comme on l'avait dit, les armes humides, par suite de la production d'eau qui accompagne sa com-

bustion : la chaleur produite est si considérable, que tous les produits volatils sont chassés hors du canon.

Le coton-poudre brûle sans fumée et sans odeur. On a déjà tiré parti de cette propriété sur plusieurs théâtres d'Allemagne, où l'on en fait usage pour les pièces à combats, à la grande satisfaction du public, des acteurs et surtout des chanteurs. Dans les armées, cette propriété du pyroxyle aurait à la fois des inconvénients et des avantages; la fumée de la poudre ne masquant plus les hommes, la justesse du tir serait assurée, mais les batailles en deviendraient infiniment plus meurtrières. J'ai entendu des marins prétendre qu'à bord des navires, l'usage de la poudre-coton rendrait les combats entièrement impossibles, attendu qu'au bout d'une heure d'engagement, les deux vaisseaux ennemis seraient, chacun de son côté, mis en pièces.

La fabrication du pyroxyle ne présente aucun danger. Les accidents qui ont été signalés aux premières époques de la découverte tenaient uniquement à ce que l'on desséchait la matière à l'aide de la chaleur. Or, comme il n'y a aucune espèce d'avantage à sécher le coton-poudre en élevant sa température, et qu'en élevant sa température on s'expose à amener son explosion, on se contente aujourd'hui de le sécher dans un courant d'air à la température ordinaire. Grâce à cette précaution bien simple, la préparation du pyroxyle est beaucoup moins dangereuse que celle de la poudre ordinaire. Le pyroxyle présente en outre dans sa fabrication l'avantage d'une rapidité excessive; une semaine suffirait pour approvisionner de munitions une armée de cent mille hommes.

Quant au prix de revient, il résulte des données fournies en 1849, par M. Meynier, de Marseille, que la poudre-coton pourrait s'obtenir à un prix qui n'est pas extrêmement supérieur à celui de la poudre ordinaire. D'après les résul-

tats d'une fabrication exécutée sur une grande échelle, M. Meynier offrait au gouvernement de lui fournir, avec bénéfice pour le fabricant, du coton-poudre à cinq francs le kilogramme. La poudre de guerre revient dans les établissements de l'État à un franc trente-cinq centimes le kilogramme; mais comme le pyroxyle produit dans les armes un effet explosif triple de celui de la poudre, et que, par conséquent, pour obtenir un résultat donné, il faut employer trois fois moins de pyroxyle que de poudre, on voit que le prix de revient de la poudre s'établit ainsi comparativement à quatre francs le kilogramme. Dans l'état actuel des choses, il n'y aurait donc qu'une différence de un franc entre les deux matières, différence considérable sans doute, mais qui probablement, à la suite d'une fabrication longue et régulière, finirait par s'effacer.

Nous venons d'avancer que l'effet explosif du pyroxyle est triple de celui de la poudre. Tel est, en effet, assez sensiblement le rapport qu'ont fourni les expériences comparatives exécutées sur ces deux substances. M. le capitaine Suzanne et M. de Mézières, élève-commissaire des poudres et salpêtres, ont établi que cinq grammes de poudre-coton produisent sur une balle de fusil le même effet que treize à quatorze grammes de poudre à mousquet ordinaire. Ces expériences, variées et étendues par MM. Piobert et Morin, ont donné à peu près les mêmes résultats.

Le pyroxyle offre, sous le rapport de l'économie, des avantages incontestables pour les travaux des mines. MM. Combes et Flandin ont trouvé qu'il produit un effet cinq à six fois plus considérable que la poudre ordinaire des mines dans le *tirage* de la plupart des roches (1). L'em-

(1) Il est certain, d'après ce résultat, que lorsque le gouvernement voudra remplacer la poudre de mine par le pyroxyle, il pourra réaliser une économie de plus de trois millions par an. C'est ce qu'il est facile d'établir. On consomme chaque année, en France, très-approximativement,

ploi de la poudre-coton dans les mines a paru d'abord présenter un inconvénient particulier : sa combustion s'accompagne de la formation de gaz oxyde de carbone, et la présence de ce gaz est doublement fâcheuse en ce qu'il est vénéneux et inflammable. Mais M. Combes a trouvé qu'en ajoutant au pyroxyle 8 à 10 pour 100 de salpêtre, on s'oppose à la production du gaz oxyde de carbone qui se trouve brûlé par l'oxygène du salpêtre et changé en acide carbonique. La force explosive du pyroxyle en est d'ailleurs notablement accrue, car il présente dès lors une puissance sept à huit fois plus considérable, à poids égal, que la poudre de mine.

Tels sont les avantages qui se rattachent à l'emploi du coton-poudre; considérons maintenant le côté inverse de la question.

Les inconvénients que présente l'usage du pyroxyle peuvent se résumer en deux mots : sa force explosive est trop considérable, sa conservation est difficile, et ces deux inconvénients ont chacun une gravité qu'il est impossible de méconnaître.

Pour qu'une poudre puisse s'employer avec une entière sécurité dans les armes, il faut qu'elle ne brûle pas trop vite. Quelle que soit, d'une manière relative, la rapidité de

trois millions de kilogrammes de poudre de mine. Cette poudre, bien qu'elle ne coûte en frais de fabrication que un franc vingt centimes le kilogramme, revient cependant à l'État, au moment où elle arrive aux mains du consommateur, à très-peu de chose près à ce que celui-ci la paie, c'est-à-dire deux francs. C'est donc sensiblement six millions que coûte cette poudre. En se fondant sur la donnée rapportée plus haut relativement à la force explosive du pyroxyle (et cette évaluation est plutôt atténuée qu'exagérée), il ne faudrait que six cent mille kilogrammes de pyroxyle pour produire le même effet que les trois millions de kilogrammes de poudre de mine. Or ces six cent mille kilogrammes de pyroxyle reviendraient au plus, à l'État, à deux millions quatre cent mille francs. Il y aurait donc pour le gouvernement un bénéfice de trois millions six cent mille francs à adopter le pyroxyle pour l'exploitation des mines et des carrières.

l'inflammation de la poudre dont nous faisons communément usage, il est facile de montrer par l'expérience, que, pendant sa combustion, sa masse entière ne s'embrase point à la fois, mais que toujours elle brûle de place en place, et pour ainsi dire couche par couche. Il résulte de là que les gaz qui proviennent de cette combustion ne sont pas brusquement et instantanément formés, mais qu'au contraire, ils prennent naissance d'une manière graduelle et successive. Dès lors, tout leur effet se porte sur le projectile et n'exerce sur les parois de l'arme aucune action destructive. Tel n'est pas, malheureusement, le mode de combustion du coton-poudre. Comme le pyroxyle n'est pas un simple mélange de matières inflammables, mais une véritable combustion, il s'embrase tout entier dans un espace de temps presque indivisible; or, cette excessive rapidité d'inflammation, qui fait sa supériorité comme agent balistique, constitue précisément ses dangers. Avec des charges ordinaires, son usage n'offre aucun inconvénient; mais si l'on dépasse les limites nécessaires pour une arme donnée, il peut arriver que l'arme éclate entre les mains, ou qu'elle souffre au bout de peu de temps des dégradations sérieuses. Au mois de janvier 1849, M. Morin a communiqué à l'Académie des sciences des faits dont la portée, sous ce rapport, semble très-grave. Il a parlé de fusils de munition et de bouches à feu mises hors de service par des charges de coton-poudre qui ne dépassaient pas de beaucoup les limites ordinaires (1). L'auteur de ces expériences a trop de crédit en pareille matière pour que son témoignage puisse être contesté; on peut cependant faire

(1) Voyez, à ce sujet, le rapport étendu qui a été fait par MM. Piobert, Morin et Pioct sur le *Pyroxyle*. Ce travail composé en exécution d'un ordre ministériel du 4 janvier 1849, a été imprimé dans le nº VII (1852) du *Mémorial d'artillerie*. Il conclut au rejet de la poudre-coton en ce qui touche son emploi dans les armes de guerre.

observer à cet égard que Berzelius, dans le dernier de ses *Rapports annuels*, en parlant du coton-poudre, assure qu'en Suède, ni en Angleterre, il n'a jamais occasionné d'accidents. Les faits signalés par M. Morin paraissent donc réclamer un examen nouveau.

La difficulté de conserver le pyroxyle est un fait grave sur lequel M. Maurey, directeur de la poudrerie du Bouchet, a appelé l'attention. Le pyroxyle semble un produit peu stable ; ses éléments paraissent avoir une tendance particulière à se dissocier ; de là des altérations diverses et un commencement de décomposition dans les produits conservés un certain temps. D'après M. Maurey, la poudre-coton placée dans un lieu bien sec, et tenue dans des barils fermés à l'abri de l'action de l'air, présente néanmoins, au bout de huit à dix mois, des signes d'altération. La masse s'est humectée, elle répand une odeur piquante, elle s'est ramollie et quelquefois presque réduite en pâte. Cette décomposition peut s'accompagner d'un dégagement de chaleur, et s'il arrive que la masse en travail soit considérable, l'échauffement peut aller au point de provoquer son inflammation. Telle est probablement, selon M. Maurey, la cause de l'explosion arrivée à Vincennes le 25 mars 1847 et le 2 août de la même année.

C'est sans doute un fait du même genre qui amena la catastrophe arrivée, le 17 juillet 1848, à la poudrerie du Bouchet. On avait préparé, au Bouchet, seize cents kilogrammes de poudre-coton, et quatre ouvriers étaient occupés à l'enfermer dans des barils, lorsque, sans cause connue, le magasin sauta. Les désastres furent effroyables. Les quatre ouvriers occupés à emmagasiner le coton-poudre furent tués, trois autres blessés. Le bâtiment, dont les murs avaient, les uns un mètre, et les autres cinquante centimètres d'épaisseur, fut détruit de fond en comble ; il se forma à sa place une excavation de seize

mètres de diamètre sur quatre de profondeur. Toutes les douves et tous les cercles des barils, où le pyroxyle était enfermé, avaient entièrement disparu, comme s'ils eussent été volatilisés. Toutes les pièces de bois de la construction étaient brisées. Cent soixante-quatre arbres situés aux environs étaient complétement emportés ou coupés, les uns ras de terre, les autres à diverses hauteurs; les plus voisins étaient dépouillés de leur écorce et divisés jusqu'aux racines en longs filaments. Jusqu'à trois cents mètres environ, on retrouva une ligne de matériaux placés par ordre de densité, les pièces de bois le plus près, ensuite les pierres, enfin plus loin les débris de fer.

Nous avons scrupuleusement et impartialement exposé les inconvénients et les avantages qui se rattachent à l'emploi du coton-poudre. Quelle conclusion tirer de ces faits? Faut-il croire que cette découverte, accueillie à son origine avec tant d'intérêt, soit destinée à s'ensevelir dans l'oubli? Faut-il penser qu'après avoir éveillé tant d'espérances, elle n'aura créé pour nous que des dangers sans nous laisser quelques avantages en échange? Cette question, grave et complexe, impose nécessairement une réserve extrême. Il nous semble pourtant que, même dans l'état présent des choses, le pyroxyle présente une série d'avantages de nature à mériter l'attention. Une poudre inattaquable par l'eau, — de propriétés et de composition constantes, — qui ne souille ni la main, ni les vêtements, ni les armes, — trois fois plus légère à transporter que l'ancienne poudre, puisqu'elle est trois fois plus puissante, — susceptible de subir, sans la moindre altération, les voyages par mer, — une poudre qu'on peut inonder dans un arsenal ou dans la cale d'un navire et retrouver plus tard intacte, l'emporte assurément, sous bien des rapports, sur l'ancienne poudre, qui souille les

mains, qui noircit les armes, que l'air humide altère, que l'eau détruit sans retour.

La supériorité du coton-poudre pour l'usage des mines et le tirage des roches paraît d'ores et déjà établie. En 1847, le duc de Montpensier et le général Tugnot de Lanoye, directeur des poudres et salpêtres, avaient formé le projet d'établir plusieurs ateliers de fabrication de pyroxyle pour le tirage des roches, la révolution de février retarda l'exécution de ce projet, qui, nous l'espérons, sera repris et permettra de décider la question d'une manière définitive.

Quant à l'emploi de la poudre-coton dans les armes, il est certain qu'il existe ici des difficultés sérieuses ; cependant elles ne sont peut-être pas assez graves pour faire abandonner les espérances conçues. Une étude approfondie et persévérante des faits nouveaux que ces questions soulèvent pourra fournir un jour les moyens de modérer, de retarder, de régulariser l'explosion du pyroxyle, comme aussi de modifier sa préparation de manière à éviter le fâcheux phénomène de sa décomposition spontanée. Que les hommes du métier, que les savants compétents prennent en main l'étude de ce problème, et sans doute quelque solution heureuse viendra couronner et récompenser leurs efforts. Il ne faut pas l'oublier, en effet, la découverte du coton-poudre ne date que de dix ans. Qu'est-ce qu'un intervalle de dix années pour le perfectionnement des inventions humaines ? N'a-t-il pas fallu quatre siècles pour faire de la poudre actuelle l'agent puissant et sûr que nous connaissons ? D'ailleurs, de nos jours, après tant de travaux, d'expériences, d'innombrables essais, malgré les précautions inouïes dont on s'environne, peut-on dire avec certitude que notre poudre à canon présente dans ses effets une sécurité absolue ? L'existence d'une poudrière aux abords de nos villes n'est-

elle pas pour les populations la cause d'invincibles terreurs, la source de perpétuelles alarmes? Des événements formidables ne viennent-ils pas, par intervalles, justifier et redoubler ces craintes? Quand la poudre manque de densité ou que son grain est trop fin, elle fait éclater les armes, et le même effet se produit si l'on outre-passe par mégarde les limites de la charge. En 1826, quand l'artillerie voulut substituer aux poudres des pilons des poudres plus énergiques, on crevait les bouches à feu. Cette sécurité tant vantée de notre poudre à canon a donc aussi ses limites; et dans tous les cas, elle est de date fort récente. Il a fallu quatre siècles pour dompter la poudre à canon, et l'on s'étonne aujourd'hui que quelques années n'aient pas suffi pour maîtriser le coton-poudre, qui jouit d'une puissance triple! Pour décider en dernier ressort ces questions capitales, invoquons de plus saines, de moins exclusives notions; défions-nous des entraînements d'un enthousiasme irréfléchi, mais aussi tenons-nous en garde contre l'aveuglement de préventions injustes fondées sur la tyrannique puissance de la routine et des habitudes. Recherchons avec sincérité le secours et l'infaillible témoignage de la science, et sachons accepter sans arrière-pensée systématique ce qui se présente à nous avec les dehors incontestables du progrès.

Un dernier trait terminera l'histoire du produit intéressant qui vient de nous occuper. Dans les premiers temps de sa découverte, la poudre-coton avait provoqué dans le public un extrême engouement; à cette époque, elle était bonne à tout. Rappelons en quelques mots les diverses applications de ce nouvel agent, qui furent alors essayées avec plus ou moins de succès.

Quelques mécaniciens voulurent tirer parti de la prompte transformation du coton-poudre en fluide gazeux, pour

soulever le piston des machines : les gaz produits par la combustion auraient remplacé la vapeur comme agent mécanique. Mais il n'était pas difficile de prévoir que la production du gaz, pendant l'inflammation du pyroxyle, est trop brusque pour être utilisée commodément et avec sécurité : l'explosion des machines mit fin aux expériences.

Les matières alimentaires renferment une assez forte proportion d'azote ; or, le pyroxyle est un corps azoté. Cette analogie parut suffisante à MM. Bernard et Barreswill pour rechercher si le coton-poudre ne pourrait pas être employé comme substance alimentaire. L'idée était étrange et assez mal venue de la part de physiologistes qui doivent être familiarisés avec les lois de la nutrition. Quoi qu'il en soit, l'Académie des sciences fut instruite par un mémoire *ad hoc* qu'on avait réussi à nourrir des chiens avec le pyroxyle. Toutefois les auteurs de l'expérience ajoutaient ingénument qu'ils avaient favorisé l'action nutritive du coton-poudre par l'administration simultanée d'une certaine quantité de riz ; les adjuvants sont de bonne guerre.

M. Pelouze a proposé d'appliquer le pyroxyle à la fabrication des amorces fulminantes ; la substitution de ce produit au fulminate de mercure aurait eu pour résultat d'éviter les dangers épouvantables dont s'accompagne la fabrication des amorces par les procédés actuels. Le pyroxyle obtenu avec des tissus très-serrés de lin, de chanvre et de coton, détone aisément par le choc, et si l'on coupe de petites rondelles de ces tissus, et qu'on les place au fond de capsules de cuivre, on obtient des amorces dont la détonation est fort énergique. Cependant cette application du coton-poudre n'a pas jusqu'ici donné de bons résultats aux praticiens qui l'ont essayée. Les effets des capsules pyroxyliques sont irréguliers ; en outre, les armes sont attaquées par suite de la formation d'un produit acide,

l'acide azoteux, qui prend, dit-on, naissance quand le pyroxyle brûle à l'air libre.

Le coton-poudre paraît devoir fournir des résultats plus avantageux dans son application à la pyrotechnie. Des papiers préparés comme le coton-poudre, et trempés ensuite dans des dissolutions d'azotate de strontiane, de sulfate de cuivre ou d'azotate de baryte, produisent de très-beaux feux rouges, verts et blancs. On a aussi fait des essais avec des pyroxyles obtenus à bas prix au moyen de la paille, de la sciure de bois ou de matières végétales analogues. L'immersion de ces produits fulminants dans ces dissolutions salines a l'avantage de retarder leur inflammation, de donner plus de durée à la combustion, et de favoriser par conséquent les divers effets que l'artificier cherche à produire.

Un étudiant en médecine des États-Unis a fait du coton-poudre une application assez inattendue; il s'en est servi pour le pansement des plaies, et voici comment. Le coton-poudre est soluble dans l'éther sulfurique alcoolisé : cette dissolution porte le nom de *collodion;* c'est la substance dont nous avons parlé avec quelques détails à propos de son emploi dans la photographie sur papier. Or, M. Maynard, de Boston, a trouvé que le collodion constitue une sorte de vernis qui jouit d'une force d'adhésion très-remarquable ; appliqué sur la peau, ce vernis adhère avec beaucoup de force à sa surface, et résiste parfaitement à l'action de l'eau et des humeurs. Un morceau de toile de 4 centimètres de largeur, recouvert de *collodion*, et appliqué sur le creux de la main, supporte sans se décoller un poids de quinze kilogrammes : la toile se rompt plutôt que de se détacher.

Les chirurgiens américains se sont servis les premiers du *collodion* pour le pansement des plaies. On rapproche les lèvres de la plaie, et au moyen d'un pinceau on les

couvre d'une couche de collodion; par suite de la dessiccation, la réunion des deux bords est parfaitement établie. La contraction que la matière éprouve en séchant resserre les lèvres de la blessure plus fortement et d'une manière plus égale que ne pourrait le faire tout autre moyen contentif. La plaie est parfaitement préservée de l'air; la transparence de l'enduit permet de voir à travers et de juger de l'état des parties sous-jacentes; enfin son insolubilité dans l'eau donne au chirurgien la faculté de laver sans rien détacher. L'usage du collodion s'est répandu ensuite en Angleterre et en France; M. Malgaigne l'a le premier adopté parmi nous. On se sert, d'après son conseil, de bandelettes trempées dans le collodion, ce qui donne plus de solidité à l'appareil. Aujourd'hui l'emploi de la dissolution éthérée du coton-poudre est devenu habituel dans nos hôpitaux.

Ainsi, comme la lance d'Achille, la poudre-coton peut guérir les blessures qu'elle a causées. Si donc il fallait un jour définitivement renoncer à consacrer le coton-poudre à l'usage des armes à feu, sa découverte ne serait pas encore restée absolument stérile, puisqu'elle aurait au moins servi à étendre les ressources de l'art chirurgical. Destiné dans l'origine à devenir un instrument de destruction, ce singulier produit aurait plus pacifiquement terminé sa carrière en prenant place parmi les salutaires moyens de la chirurgie moderne. Et trop heureuse l'humanité, si tant d'inventions meurtrières, créées pour semer autour de nous le deuil et les funérailles, se trouvaient, par quelque revirement subit, heureusement transformées en autant de baumes bienfaisants propres à panser nos blessures et à calmer nos douleurs!

FIN DU TOME TROISIÈME.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME TROISIÈME

LA TÉLÉGRAPHIE AÉRIENNE ET LA TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE..... 1

CHAP. Ier. — Premiers essais de télégraphie. — Amontons. — Guillaume Marcel. — Télégraphe acoustique de dom Gauthey..... 3

CHAP. II. — Premiers essais d'application de l'électricité à la transmission des signaux. — Le jésuite Strada. — Souchu de Tournefort. — Première mention faite dans un recueil scientifique écossais de l'idée d'un télégraphe au moyen de l'électricité statique. — Lesage. — Lomond. — Reiser. — Bettancourt. — François Salva. — Retour à la télégraphie aérienne. — Linguet. — Dupuis. — Bergstrasser..... 12

CHAP. III. — L'abbé Chappe. — Ses travaux. — Établissement des premiers télégraphes aériens. — La télégraphie aérienne adoptée en Europe..... 27

CHAP. IV. — Principes du télégraphe aérien. — Mécanisme des signaux. — Vocabulaire. — Inconvénients de la télégraphie aérienne. — Télégraphie de nuit..... 38

CHAP. V. — Découverte de l'électro-magnétisme. — Son application au jeu des télégraphes. — Télégraphes de Schilling et d'Alexander. — Découverte de l'aimantation temporaire du fer. Télégraphe de M. Morse. — État actuel de la télégraphie électrique aux États-Unis..... 47

CHAP. VI. — La télégraphie électrique en Angleterre. — Télégraphe électrique à cinq aiguilles, de M. Wheatstone, pour le service des chemins de fer. — Télégraphe à cadran de M. Wheatstone, pour la correspondance générale. — Nouveau télégraphe à aiguilles. — État actuel de la télégraphie électrique en Angleterre..... 75

CHAP. VII. — La télégraphie électrique en France. — Lignes télégraphiques établies en Allemagne, en Belgique et en Italie..... 92

CHAP. VIII. — Le télégraphe sous-marin. — Pose du fil télégraphique entre Douvres et Calais en 1850. — Reprise et fin des travaux en 1851. — Télégraphe sous-marin entre l'Angleterre et l'Irlande, entre l'Angleterre et la Hollande, entre l'Angleterre et la Belgique. — Télégraphe sous-marin de Varna à Sébastopol à travers la mer Noire. — Télégraphe sous-marin entre la France et l'Algérie. — Tentatives faites en 1857 et 1858 pour l'établissement d'un télégraphe sous-marin entre l'Europe et l'Amérique. — Insuccès des opérations..... 101

CHAP. IX. — Description des appareils accessoires de la télégraphie électrique. — Pile voltaïque. — Poteaux. — Supports isolateurs. — Fil conducteur, etc. — Services rendus par la télégraphie électrique. — Messages télégraphiques..... 122

LA GALVANOPLASTIE ET LA DORURE CHIMIQUE..... 146

CHAP. Ier. — Découverte de l'électro-chimie. — Volta. — Brugnatelli. — M. de la Rive. — Travaux de M. Thomas Spencer et de Jacobi..... 149

CHAP. II. — Description des appareils employés dans la galvanoplastie. — Principales opérations galvanoplastiques. — Applications diverses de ces procédés..... 159

CHAP. III. — Application des procédés galvanoplastiques à la dorure et à l'argenture des métaux. — M. de Ruolz et ses travaux. — M. Elkington. — Dorure par immersion. — Dorure par la pile voltaïque. — Emploi industriel des procédés de la dorure chimique. — Orfévrerie argentée et dorée par les procédés Elkington et de Ruolz..... 179

LA PHOTOGRAPHIE..... 199

CHAP. Ier. — Travaux de Joseph Niepce. — Sa méthode pour la fixation des images de la chambre obscure. — Association de Niepce et Daguerre. — Mort de Joseph Niepce. — Travaux de

Digitized by Google

Daguerre. — Communication de la découverte de Daguerre à l'Académie des sciences de Paris..... 202

Chap. II. — Description des procédés de la photographie sur plaque métallique. — Perfectionnements successifs apportés aux opérations du daguerréotype..... 221

Chap. III. — Photographie sur papier. — M. Talbot. — M. Blanquart-Évrard. — Description des procédés de la photographie sur papier. — Photographie sur verre. — Papiers albuminés. — Papiers cirés. — Gélatine. — Collodion. — État présent de la photographie sur papier..... 236

Chap. IV. — Reproduction des couleurs par le daguerréotype. — Expérience de M. Edmond Becquerel. — Recherches de M. Niepce de Saint-Victor. — M. Hill et sa prétendue découverte de la reproduction photogénique des couleurs..... 248

Chap. V. — Application de la photographie aux sciences physiques et naturelles..... 268

Chap. VI. — La photographie au point de vue des arts..... 278

LES POUDRES DE GUERRE ET LA POUDRE-COTON..... 301

Chap. Ier.— Emploi des feux de guerre chez les Orientaux. — Leur introduction en Europe au septième siècle. — Composition du feu grégeois. — Moyens employés par les Grecs du Bas-Empire pour l'emploi du feu grégeois dans les combats maritimes..... 305

Chap. II. — Le feu grégeois introduit chez les Arabes au treizième siècle. — Son emploi durant les croisades. — Ses véritables effets..... 317

Chap. III.— Naissance de la poudre à canon au quatorzième siècle. —Ses premiers usages. — Invention des bouches à feu. — Les canons employés pour la première fois à Florence en 1325. — Leur usage répandu chez les différentes nations de l'Europe. — Berthold Schwartz perfectionne la fabrication des bouches à feu. — Derniers progrès de l'artillerie..... 331

Chap. IV. — Perfectionnements apportés dans les temps modernes à la composition de la poudre à canon. — Essais pyrotechniques de Dupré et de Chevallier. — Poudre au chlorate de potasse expérimentée par Berthollet en 1788..... 345

Chap. V. — La poudre-coton. — M. Schönbein. — Travaux chi-

miques qui ont amené la découverte du coton-poudre. — Histoire de la xyloïdine. — Accueil fait à la découverte de la poudre-coton..... 350

CHAP. VI. — Propriétés et effets explosifs du coton-poudre. — Comparaison de ses effets et de ceux de la poudre ordinaire. — Ses avantages et ses dangers. — Son avenir. — Applications diverses du coton-poudre..... 358

FIN DE LA TABLE DU TOME TROISIÈME.

5682577

CORBEIL, typogr. et stér. de CRETÉ.

Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google